



Tesis TF 142510

STUDI HAZOP BERBASIS ANFIS *LAYER OF PROTECTION ANALYSIS* PADA *ROTARY KILN* PT. SEMEN INDONESIA PABRIK TUBAN

HENRY PRASETYO
NRP. 2413201201

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

PROGRAM MAGISTER TEKNIK FISIKA
BIDANG KEAHLIAN REKAYASA INSTRUMENTASI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



Thesis TF 142510

HAZOP STUDY BASED ON ANFIS LAYER OF PROTECTION ANALYSIS IN *ROTARY* KILN PT. SEMEN INDONESIA FACTORY TUBAN

HENRY PRASETYO
NRP. 2413201201

SUPERVISOR
Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

MASTER PROGRAM
INDUSTRY INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)**

**di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**oleh :
HENRY PRASETYO
NRP. 2413 201 201**

**Tanggal Ujian : 11 Januari 2016
Periode Wisuda : Maret 2016**

Disetujui oleh :

**1. Dr. Ir. Ali Musyafa, M.Sc.
NIP. 19600901 198701 1 001**

 (Pembimbing)

**2. Dr.-Ing. Doty Dewi Risanti, S.T, M.T.
NIP. 19740903 199802 2 001**

 (Penguji I)

**3. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.
NIP. 19500402 197901 1 001**

 (Penguji II)

**4 Totok Ruki Biyanto, S.T, M.T., Ph.D.
NIP. 19710702 199802 1 001**

 (Penguji III)

Direktur Program Pascasarjana,


**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D
NIP. 19601202 198701 1 001**

STUDI HAZOP BERBASIS ANFIS *LAYER OF PROTECTION ANALYSIS* PADA *ROTARY* KILN PT. SEMEN INDONESIA PABRIK TUBAN

Nama Mahasiswa : Henry Prasetyo
NRP : 2413201201
Jurusan : Teknik Fisika, FTI - ITS
Pembimbing : Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

ABSTRAK

Kebutuhan semen nasional dari tahun 2013- 2015 semakin meningkat. Tahun 2014 kebutuhan semen nasional mencapai 62,02 juta ton dan produksi semen nasional mencapai 62,2 juta ton, dimana PT. Semen Indonesia menyumbangkan 31,8 juta ton, berarti setengah dari produksi semen nasional. Prediksi di tahun 2017 mencapai 73,95 juta ton. PT Semen Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di industri pembuatan produk semen. Rotary kiln merupakan proses inti dalam area produksi di industri semen, karena proses tersebut erat kaitannya dengan pembakaran *raw* material menjadi *clinker*. Pada proses tersebut diperlukan temperatur yang tinggi, oleh sebab itu kalau tidak ada pengendalian temperatur yang sesuai, maka kualitas produk tidak sesuai standat atau *clinker* tidak terbentuk sempurna sehingga terjadi kegagalan dalam pembuatan produk semen. *Clinker* tersebut dibuang dan tidak akan mengalami proses selanjutnya.

Layer Of Protection Analysis (LOPA) merupakan metode sederhana dalam suatu penilaian resiko yang menunjukkan lapisan perlindungan secara kualitatif dan kuantitatif dalam membuat sebuah skenario bahaya yang akan terjadi. Perhitungan resiko dengan teknik LOPA efektif dan realistis digunakan untuk mengembangkan skenario pada *Hazard And Operability Study* (HAZOPS). Model yang efektif, efisien dan handal diperlukan dalam sebuah penilaian resiko sehingga memberi hasil penilaian yang lebih baik, mudah diterapkan, dan akurat dibandingkan metode konvensional. *Adaptive Neuro Fuzzy Interface System*

(ANFIS) merupakan salah satu metode yang tepat untuk digunakan dalam melakukan sebuah penilaian, estimasi maupun prediksi secara kualitatif dan kuantitatif. ANFIS merupakan penggabungan mekanisme *Fuzzy Interface System* (FIS) yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. Penerapan metode HAZOPS dan LOPA berbasis ANFIS diperlukan agar memberikan hasil kombinasi metode yang lebih baik secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan oleh pihak manajemen dalam pengambilan keputusan yang berpengaruh terhadap ekonomi perusahaan dan kebutuhan masyarakat. Hal ini dibuktikan dengan adanya SIL rating node 1 hingga node 4, yaitu node 3 memiliki tingkat keamanan yang paling rendah, terlihat dari nilai SIL node tersebut berada di SIL 0 50%. ANFIS *Layer of Protection* menghasilkan keluaran SIL *rating* berupa node 3 memiliki tingkat keamanan yang paling rendah, terlihat dari nilai SIL node 3 bernilai 4 skenario SIL 2. Selain itu hasil ANFIS – LOPA untuk *economic impact* pada node 1-4 yaitu adanya potensial kerugian perusahaan sebesar Rp. 1 Milyar – Rp. 10 Milyar.

Kata kunci: rotary kiln, *HAZOP*, *ANFIS*, *Layer of Protection Analysis (LOPA)*

HAZOP STUDY BASED ON ANFIS LAYER OF PROTECTION ANALYSIS IN ROTARY KILN PT. SEMEN INDONESIA FACTORY TUBAN

Student's Name : Henry Prasetyo
NRP : 2413201201
Department : Engineering Physics, FTI - ITS
Supervisor : Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

ABSTRACT

National cement demand from the year 2013 – 2015 had increased. In 2014, national cement demand reached 62,02 million tons and cement production reached 2,2 million tons. PT. Semen Indonesia has contributed 31,8 million tons, that is half of the national cement production. It is predicted that in 2017 national cement demand will reach 73,95 million tons. PT. Semen Indonesia is a manufacture company of cement products in Indonesia. Rotary kiln is core equipment for production process in cement industry. Process in rotary kiln is to burn raw material become clinker. The process in rotary kiln requires high temperature. Quality of the products will reduce if the temperature condition is out of control. This causes clinker thrown out from rotary kiln and cannot continue the cement production process.

Layer of Protection Analysis (LOPA) is a simple method of a risk assessment that show a layer of protection qualitative and quantitative in creating a scenario of danger areas. Risk calculation with LOPA is effective and realistic technique that used to develop scenarios on Hazard and Operability Study (HAZOP). A modern software-based decision making is still very rarely used in the industries. A model of effective, efficient and reliable are required in a risk assessment, easy to implement, and more accurate than conventional methods. Adaptive Neuro Fuzzy Interface System (ANFIS) is a method used in activity of assessment, estimation, and prediction qualitatively and quantitatively. ANFIS Fuzzy Interface System (FIS) is described in the architecture of neural network.

Application of the method HAZOPS and LOPA based on ANFIS is required to provide the result of a combination of better qualitative and quantitative method. Result from this research can be used by management of the company in making decision that affect the economic condition and reputation of the company. The result safety value is described by SIL rating from node 1 to node 4. Node 3 has the least SIL rating of 50 % value SIL 0 and ANFIS LOPA has 4 scenario SIL 2 in node 3. ANFIS-LOPA for economic impact on the node 1-4 are lose potential for company between Rp 1.000.000.000 – Rp 10.000.000.000.

Keywords : rotary kiln, HAZOP, ANFIS, Layer of Protection Analysis (LOPA)

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan Alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat, Karunia, dan Hidayah-Nya. Sholawat serta salam yang senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW. Sehingga penulis mampu menyelesaikan Thesis yang berjudul :

STUDI HAZOP BERBASIS ANFIS *LAYER OF PROTECTION ANALYSIS* PADA *ROTARY* KILN PT. SEMEN INDONESIA PABRIK TUBAN

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada beberapa pihak yang telah membantu menyelesaikan penyusunan Thesis ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orangtuaku yang senantiasa memberikan dukungan spiritual dan moral, Mas Dedi Hartanto yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi.
2. Bapak Dr. Ali Musyafa' M.Sc. selaku dosen pembimbing atas semangat, motivasi, bimbingan, dan sarannya.
3. Bapak Agus Muhamad Hatta, ST, M.Si, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika dan Ibu Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T. selaku Kaprodi S2 Jurusan Teknik Fisika.
4. Bapak dan Ibu dosen pengajar di Jurusan Teknik Fisika
5. Bapak dan Ibu karyawan di Jurusan Teknik Fisika
6. Teman –teman satu angkatan : mas aank suseno dan mbak adisty dina, terima kasih atas bantuan dan suport moralnya.
7. Pihak karyawan-karyawati PT.Semen Indonesia pabrik tuban: pak Teguh Irianto, pak Zaini , pak Ahmad Rusdyana, pak Asep Wahyudin, pak Aryanto dan mbak Amellia Djafar. Terima kasih atas segala bantuannya dan doa.
8. Sahabat – sahabatku Chandra Alif, Suwoto, Abdul latif Syaputra, Priyambodo basuki yang selalu memberi motivasi, saran serta doa.

9. Teman-teman kos keputih gang 3 no 14, terimakasih atas segala bantuan dan dukungannya.
10. Segenap pihak yang berkontribusi dalam penyelesaian tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis senantiasa mengharapkan kritik serta saran yang membangun dalam penulisan thesis ini. Agar penulisan penelitian selanjutnya menjadi lebih baik. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat untuk para pembacanya. Amin.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
NOMENKLATUR	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Proses pada <i>rotary</i> kiln	7
2.2 Data Gangguan Operasi Di Unit Kiln PT Semen Indonesia.....	9
2.3 Deskripsi Peralatan Yang Sering Terjadi Gangguan	11
2.4 Hazard and Operability Study (HAZOPS).....	12
2.5 Safety Instrumented System dan Safety Integrity Level	18
2.6 Perhitungan Resiko.....	21
2.7 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS).....	21
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Diagram alir penelitian.....	25
3.2 Hazop dan LOPA	28
3.3 Prosedur LOPA	31
3.4 ANFIS-LOPA	34
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Data-data yang diperoleh.....	51
4.2 Hasil Penelitian.....	52
4.3 Pembahasan.....	70
BAB V KESIMPULAN	77
5.1 Kesimpulan	77
DAFTAR PUSTAKA	79
BIODATA PENULIS	83
LAMPIRAN	85
Lampiran A.....	85
Lampiran B.....	153
Lampiran C.....	157
Lampiran D.....	163
Lampiran E.....	169

DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 2.1	<i>Rotary Kiln</i>	8
Gambar 2.2	Prinsip Kerja <i>Rotary Kiln</i>	8
Gambar 2.3	Lapisan pertahanan LOPA.....	16
Gambar 2.4	Sistem inferensi <i>fuzzy TSK</i> dua masukan dua aturan.....	22
Gambar 2.5	Arsitektur ANFIS.	22
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	25
Gambar 3.2	P&ID <i>Rotary Kiln</i> PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban III	26
Gambar 3.3	Diagram blog ANFIS-LOPA	34
Gambar 3.4	ANFIS <i>editor</i> GUI.....	35
Gambar 3.5	Perancangan FIS untuk <i>severity risk impact</i>	36
Gambar 3.6	Fungsi keanggotaan masukan sistem (IEL LOPA)	36
Gambar 3.7	Fungsi keanggotaan masukan sistem (<i>Consequence severity</i>)	37
Gambar 3.8	Fungsi keanggotaan keluaran sistem (<i>Severity risk impact</i>)	37
Gambar 3.9	Perancangan FIS untuk <i>SIL rating</i>	38
Gambar 3.10	Fungsi keanggotaan masukan sistem (<i>Severity</i>).....	39
Gambar 3.11	Fungsi keanggotaan masukan sistem (<i>Frequency</i>).....	39
Gambar 3.12	Fungsi keanggotaan keluaran sistem (<i>SIL rating</i>).....	40
Gambar 3.13	Perancangan FIS untuk <i>Economic Impact</i>	40
Gambar 3.14	Fungsi keanggotaan masukan sistem (<i>Injury</i>).....	41
Gambar 3.15	Fungsi keanggotaan masukan sistem (<i>Environment</i>).....	42
Gambar 3.16	Fungsi keanggotaan masukan sistem (<i>Asset</i>).....	43
Gambar 3.17	Fungsi keanggotaan masukan sistem (<i>Reputation</i>).....	44
Gambar 3.18	Fungsi keanggotaan keluaran sistem (<i>Economic Impact</i>)..	45
Gambar 3.19	Perancangan FIS untuk <i>Decision Impact</i>	47
Gambar 3.20	Fungsi keanggotaan masukan sistem (<i>safety</i>).....	48
Gambar 3.21	Fungsi keanggotaan masukan sistem (<i>Economic Impact</i>)	48
Gambar 3.22	Fungsi keanggotaan keluaran sistem (<i>Decision Impact</i>)..	48
Gambar 4.1	<i>Control Chart Inlet O₂ Rotary Kiln</i>	54
Gambar 4.2	<i>Surface Viewer</i> untuk <i>Risk Impact</i>	61
Gambar 4.3	<i>Rule Viewer Risk Impact</i>	61
Gambar 4.4	<i>Risk Impact</i> dengan ANFIS LOPA <i>node 1-4</i>	62
Gambar 4.5	<i>Surface Viewer</i> untuk <i>SIL Rating</i>	62
Gambar 4.6	<i>Rule Viewer SIL Rating</i>	63
Gambar 4.7	<i>SIL Rating</i> dengan ANFIS LOPA <i>node 1-4</i>	64
Gambar 4.8	<i>Surface Viewer</i> untuk <i>Economic Impact</i> antara <i>Asset</i> dan <i>Environment</i>	64
Gambar 4.9	<i>Surface Viewer</i> untuk <i>Economic Impact</i> antara <i>Environment</i> dan <i>Injury</i>	65

Gambar 4.10	<i>Surface Viewer</i> untuk <i>Economic Impact</i> antara <i>Asset</i> dan <i>Injury</i>	65
Gambar 4.11	<i>Surface Viewer</i> untuk <i>Economic Impact</i> antara <i>Reputation</i> dan <i>Environment</i>	66
Gambar 4.12	<i>Surface Viewer</i> untuk <i>Economic Impact</i> antara <i>Reputation</i> dan <i>Asset</i>	67
Gambar 4.13	<i>Surface Viewer</i> untuk <i>Economic Impact</i> antara <i>Reputation</i> dan <i>Injury</i>	67
Gambar 4.14	<i>Rule Viewer Economic Impact</i>	68
Gambar 4.15	<i>Economic Impact</i> dengan ANFIS LOPA <i>node</i> 1-4	68
Gambar 4.16	<i>Surface Viewer</i> untuk <i>Decision Impact</i>	69
Gambar 4.17	<i>Rule Viewer Decision Impact</i>	69
Gambar 4.18	<i>Decision Impact</i> dengan ANFIS LOPA <i>node</i> 1-4..	70

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Kerusakan pada unit kiln di PT. Semen Indonesia.....	10
Tabel 2.2 Diskripsi komponen yang sering terjadi gangguan.....	11
Tabel 2.3 <i>Guide Words</i> HAZOP.....	13
Tabel 2.4 Parameter HAZOP	14
Tabel 2.5 Format Lembar Kerja Analisa HAZOP.....	14
Tabel 2.6 Hubungan antara HAZOP dan LOPA.....	15
Tabel 2.7 Tingkat SIL terhadap PFD dan RRF.....	20
Tabel 3.1 <i>Integrity Level</i> untuk SIF.....	33
Tabel 3.2 <i>Rule base</i> untuk severity risk impact	38
Tabel 3.3 <i>Rule base</i> untuk SIL <i>Rating</i>	40
Tabel 3.4 Penjelasan fungsi keanggotaan masukan terhadap dampak manusia (<i>injury</i>)	41
Tabel 3.5 Penjelasan fungsi keanggotaan masukan terhadap dampak lingkungan (<i>environment</i>).....	42
Tabel 3.6 Penjelasan fungsi keanggotaan masukan terhadap dampak <i>asset</i> perusahaan (<i>asset</i>).....	43
Tabel 3.7 Penjelasan fungsi keanggotaan masukan terhadap dampak <i>Reputation</i> perusahaan (<i>Reputation</i>).....	44
Tabel 3.8 Penjelasan fungsi keanggotaan untuk keluaran berupa <i>Economic Impact</i>	45
Tabel 3.9 <i>Rule base</i> untuk sistem dengan keluaran <i>Economic Impact</i>	46
Tabel 3.10 <i>Rule base</i> untuk keluaran <i>Decision Impact</i>	49
Tabel 4.1 Tabel data kegagalan komponen.....	51
Tabel 4.2 Nilai <i>likelihood</i> pada <i>node</i> 1.....	52
Tabel 4.3 Nilai <i>likelihood</i> pada <i>node</i> 2.....	53
Tabel 4.4 Nilai <i>likelihood</i> pada <i>node</i> 3.....	53
Tabel 4.5 Nilai <i>likelihood</i> pada <i>node</i> 4.....	53
Tabel 4.6 Kriteria <i>likelihood</i> , <i>consequence</i> dan resiko pada <i>node</i> 1...	53

Tabel 4.7	Kriteria <i>likelihood</i> , <i>consequence</i> dan resiko pada <i>node</i> 2...	54
Tabel 4.8	Kriteria <i>likelihood</i> , <i>consequence</i> dan resiko pada <i>node</i> 3...	54
Tabel 4.9	Kriteria <i>likelihood</i> , <i>consequence</i> dan resiko pada <i>node</i> 4...	54
Tabel 4.10	<i>Guide Word</i> HAZOP di <i>Rotary</i> Kiln PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban III.....	55
Tabel 4.11	Parameter Proses Analisa HAZOP di <i>Rotary</i> Kiln PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban III.....	55
Tabel 4.12	HAZOP <i>Worksheet</i>	56
Tabel 4.13	Hasil skenario LOPA untuk <i>node</i> 1.....	58
Tabel 4.14	Hasil skenario LOPA untuk <i>node</i> 2.....	58
Tabel 4.15	Hasil skenario LOPA untuk <i>node</i> 3.....	59
Tabel 4.16	Hasil skenario LOPA untuk <i>node</i> 4.....	59
Tabel 4.17	SIL <i>Rating</i> LOPA <i>node</i> 1-4.....	60

NOMENKLATUR

ANFIS : *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*

BPCS : *Basic Process Control System*

CCPS : *Center Chemical Process Safety*

ESD : *Emergency Shutdown System*

HAZOPS : *Hazard and Operability Study*

IEL : *Initial Event Likelihood*

ICL : *Initiating Cause Likelihood*

IPL : *Independent Protection Layer*

ISA : *International Standart Association*

LOPA : *Layer of Protection Analysis*

PFD : *Probability Failure Demand*

P&ID : *Piping and Instrument Diagram*

RRF : *Risk Reduction Factor*

SIF : *Safety Instrument Function*

SIL : *Safety Integrity Level*

SIS : *Safety Instrument System*

TMEL : *Target Mitigated Event Likelihood*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semen memiliki peranan penting dalam aktivitas ekonomi khususnya sebagai material penguat konstruksi bangunan. Konsumsi semen nasional menunjukkan kenaikan dalam jangka panjang dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 6,79 pertahun. Kebutuhan semen nasional akan terus meningkat pada masa yang akan datang. Jika tidak cepat melakukan penambahan kapasitas produksi semen nasional, Indonesia akan mengalami kekurangan pasokan semen pada 10 tahun mendatang. Hal ini akan mengancam program pembangunan nasional (Septiyana, 2009). Kebutuhan semen nasional dari tahun 2013- 2015 semakin meningkat. Tahun 2014 kebutuhan semen nasional mencapai 62,02 juta ton dan produksi semen nasional mencapai 62,2 juta ton, dimana PT. Semen Indonesia menyumbangkan 31,8 juta ton, berarti setengah dari produksi semen nasional. Prediksi di tahun 2017 mencapai 73,95 juta ton. PT Semen Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di industrial pembuatan produk semen. Industri semen sering mengalami gangguan proses dalam berproduksi, salah satu area produksi yang berpotensi mengalami gangguan yaitu *rotary kiln*. *Rotary kiln* merupakan proses inti dalam area produksi di industri semen, karena proses tersebut erat kaitannya dengan pembakaran *raw material* menjadi *clinker*. Pada proses tersebut diperlukan temperatur yang tinggi, oleh sebab itu kalau tidak ada pengendalian temperatur yang sesuai, maka kualitas produk tidak sesuai standart atau *clinker* tidak terbentuk sempurna sehingga terjadi kegagalan dalam pembuatan produk semen. *Clinker* tersebut dibuang dan tidak akan mengalami proses selanjutnya. (Semen Indonesia, 2015).

Pada proses produksi semen melalui tiga tahapan yaitu penyediaan bahan mentah (*raw material*), pengilingan dan pencampuran bahan mentah, serta tahap produksi *clinker* dan pengepakan semen (Septiana, 2009). Pada ketiga tahap tersebut yang paling berpengaruh adalah tahap produksi *clinker*, karena pada tahapan tersebut material akan mengalami pembakaran dengan temperatur yang tinggi, sehingga menentukan kualitas produk semen yang

dihasilkan. Proses tersebut berada di area *Rotary Kiln*, dimana barang mentah (*raw material*) yang sudah mencapai kalsinasi yang tinggi akan mengalami kalsinasi lanjutan dimana akan terjadi proses pembakaran yang mempunyai suhu 1450 °C untuk membentuk *clinker*. Proses di dalam *rotary kiln* merupakan proses yang memiliki andil besar dalam menjaga kuantitas maupun kualitas semen.

Dengan peran yang sangat penting ini, maka informasi di permukaan luar dari *rotary kiln* sangat penting untuk diketahui. Begitu juga dengan kondisi parameter proses lainnya seperti *pressure*, *flow* dan *speed* dari *rotary kiln*. PT. Semen Indonesia (persero) berkomitmen untuk memprioritaskan aspek keselamatan dalam proses operasionalnya. Hal ini dikarenakan bahwa setiap kegiatan operasional yang dilakukan, baik dari pengambilan material pembuat semen (penambangan batu kapur) sampai ke proses produksi dan pendistribusian produk semen memiliki potensi bahaya (khususnya di area *rotary kiln*) seperti ledakan pada komponen, kebocoran pada *blending silo* dan pencemaran lingkungan. Resiko dari segi proses operasional tersebut perlu diketahui agar dapat mengukur dampak secara kualitatif dan kuantitatif yang dihasilkan baik dari ekonomi, keamanan pekerja dan dampak terhadap lingkungan.

Untuk mencegah dan mengurangi dampak dari resiko yang ditimbulkan dari potensi bahaya, diperlukan adanya *process safety management* yang baik dari perusahaan. Dalam *process safety management* tidak terlepas dari proses identifikasi bahaya dan pengendalian resiko. *Hazard and Operability Study* (HAZOPS) merupakan teknik analisa bahaya digunakan untuk meninjau suatu proses atau operasi secara sistematis. HAZOP juga digunakan untuk menentukan apakah penyimpangan (*deviasion*) dalam suatu proses dapat menimbulkan suatu kejadian (kecelakaan) yang tidak diinginkan (Juniani, 2007). Metode evaluasi bahaya pada umumnya hanya dilakukan secara kualitatif serta tidak memberikan informasi dengan langkah yang jelas dalam menentukan resiko dan konsekuensi yang akan terjadi. Penilaian resiko merupakan bagian kritis dari suatu proses untuk mendefinisikan suatu kejadian proses dalam suatu keadaan proses dalam kondisi bahaya. Hal ini menunjukkan bahwa diperlukan suatu metode yang dapat melakukan kalkulasi resiko ditinjau dari segi waktu kejadian dengan frekuensi sering terjadi maupun jarang atau terjadi dalam periode tertentu.

Layer Of Protection Analysis (LOPA) merupakan metode sederhana dalam suatu penilaian resiko yang menunjukkan lapisan perlindungan secara kualitatif dan kuantitatif dalam membuat sebuah skenario bahaya yang akan terjadi (Kenneth, 2010). LOPA merupakan metode yang lebih baik dalam mencegah dan mengurangi kejadian serta konsekuensi yang tidak diinginkan. Perhitungan resiko dengan teknik LOPA efektif dan realistis digunakan untuk mengembangkan skenario pada *Hazard And Operability Study* (HAZOPS). Delapan lapisan perlindungan meliputi desain proses, kontrol (*Basic Proces Control System*, *alarm* proses, dan prosedur operasi), pencegahan (*Safety Instrument System*), tindakan mitigasi, rintangan fisis, sistem pemadam kebakaran, respon darurat *plant* dan masyarakat digunakan untuk melakukan estimasi resiko (Khalil, 2012). HAZOPS dan LOPA tidak hanya dapat menampilkan *Safety Integrity Level* (SIL) tetapi juga dapat melakukan penjumlahan skenario resiko dari unit proses serta menampilkan keuntungan kuantitatif dari sebuah implementasi pengukuran faktor reduksi resiko.

Sebuah sistem keselamatan juga sebaiknya memiliki tingkat integritas keselamatan dari perlindungan yang ada atau disebut juga dengan *Safety Integrity Level* (SIL) yaitu tingkatan *range* keamanan dari suatu *equipment* yang berbasis instrument (Dowell, 1998) atau nilai ukur dari performansi suatu peralatan-peralatan yang mengkonfigurasi *Safety Instrumented System* (SIS) seperti sensor, *logic solver*, dan *final element*. *Safety Integrity Level* mempresentasikan besarnya probabilitas kegagalan dari komponen *Safety Instrumented System* (SIS) ketika ada permintaan (ISA 84.01, 2007). Hasil dari penilaian resiko akan digunakan *Manager* dan *Engineer* mengimplementasikan dalam kegiatan proses dalam pengambilan keputusan. (Johnson, 2010).

Suatu pengambilan keputusan modern berbasis *software* masih sangat kurang digunakan pada dunia industri. Model yang efektif, efisien dan handal diperlukan dalam sebuah penilaian resiko sehingga memberi hasil penilaian yang lebih baik, mudah diterapkan, dan akurat dibandingkan metode konvensional. *Adaptive Neuro Fuzzy Interface System* (ANFIS) merupakan salah satu metode yang tepat untuk digunakan dalam melakukan sebuah penilaian, estimasi maupun prediksi secara kualitatif dan kuantitatif. ANFIS merupakan penggabungan

mekanisme *Fuzzy Interface System* (FIS) yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf (Akkoc, 2012). Dengan menggunakan pengalaman dari para pakar, sistem *fuzzy* diadopsi untuk menangani ketidakpastian data yang ada sehingga efektif dalam sebuah evaluasi serta keluarannya dapat menjadi masukan yang kuat bagi para pejabat, *manager*, dan *evaluator* (Guozhong,2011). Sistem fuzzy bertingkat (*cascade fuzzy*) telah diterapkan dengan menggunakan tipe mamdani dalam menentukan *Safety Integrity Level* (SIL) dengan berbagai pilihan *safeguard* dan LOPA pada sebagian besar penyusunan skenario bahaya (Khalil, 2012).

Hasil dari analisis HAZOP digunakan dalam menyusun ANFIS yang dibangun berdasarkan skenario kejadian dan konsekuensi. Keluaran ANFIS diperlukan agar hasil penilaian dan estimasi bahaya dimengerti oleh pekerja yang memiliki pengetahuan awam dalam bidang *safety*. Selain itu penerapan metode HAZOPS dan LOPA berbasis ANFIS diperlukan agar memberikan hasil kombinasi metode yang lebih baik secara kualitatif dan kuantitatif. Hal inilah yang membuat peneliti melakukan penelitian dengan judul studi HAZOP berbasis ANFIS *Layer Protection Analysis* pada *rotary* kiln PT Semen Indonesia Pabrik Tuban.

1.1 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian adalah :

1. Bagaimana melakukan identifikasi bahaya dengan menerapkan metode studi HAZOP kualitatif pada *Rotary* Kiln PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban III
2. Bagaimana melakukan analisis level keamanan dari penentuan nilai *Safety Integrity Level* (SIL) kuantitatif *Layer of Protection Analysis* (LOPA)
3. Bagaimana menentukan nilai SIL, *Economical impact* dan *Risk Decision* berdasarkan ANFIS *Layer of Protection Analysis* (LOPA) pada *Rotary* Kiln PT Semen Indonesia Pabrik Tuban III

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah :

1. Analisis identifikasi bahaya dengan metode studi HAZOP kualitatif pada *Rotary Kiln* PT Semen Indonesia Pabrik Tuban III.
2. Analisis level keamanan dengan menentukan nilai *Safety Integrity Level* (SIL) kuantitatif *Layer of Protection Analysis* (LOPA) .
3. Implementasi ANFIS *Layer of Protection Analysis* (LOPA) untuk mendapatkan nilai SIL, *Economical impact* dan *Risk Decision* pada *Rotary Kiln* PT Semen Indonesia Pabrik Tuban III.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian adalah dapat mengembangkan ilmu dalam aplikasi metode identifikasi bahaya dari pihak universitas yang dikombinasikan dengan aplikasi pada suatu perusahaan. Perusahaan memperoleh hasil penilaian yang tepat secara kualitatif dan kuantitatif untuk mengambil keputusan ketika terjadi bahaya atau keadaan darurat.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian adalah

1. Studi HAZOP hanya Pada *Rotary Kiln* PT Semen Indonesia Pabrik Tuban III dengan data *failure (downtime)* tahun 2010- 2014.
2. Standar yang digunakan untuk menentukan nilai *Safety Integrity Level* (SIL) adalah ISA-TR84 dan IEC 61508.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Proses pada *Rotary Kiln*

Rotary Kiln merupakan silinder baja dengan diameter 5,6 m dan Panjangnya 84 m, dan ditumpu oleh tiga buah *Tire*. Setiap *Tire* ditumpu oleh sepasang *Carrying Roller*. Sudut kemiringan *Rotary Kiln* adalah sekitar 4° dengan arah menurun (deklinasi). Dari ujung tempat material masuk (*inlet*), sedangkan ujung lainnya tempat terjadinya pembakaran bahan bakar (*burning zone*). Untuk kapasitas desainnya di area *Rotary Kiln* PT. Semen Indonesia pabrik Tuban III adalah 550 ton/jam. Bahan bakar yang digunakan adalah batubara, sedangkan untuk pemanasan digunakan *Industrial Diesel Oil* (IDO). Sistem kerja *Rotary Kiln* diperlukan *gas analyser*. *Gas analyser* ini berfungsi untuk mengendalikan gas kadar O_2 , CO_2 dan NO_x pada gas buang jika terjadi kelebihan dan kekurangan, maka jumlah bahan bakar dan udara akan disesuaikan. Bagian dalam *Rotary Kiln* dilapisi batu tahan api. Umpan Kiln dari *Cyclone Stage* empat *SLC* yang telah mengalami *Calcinasi* di dalam *Preheater* masuk ke dalam Kiln pada *Inlet* Kiln. Material tersebut di dalam Kiln akan mengalami empat tahapan proses atau seolah-olah di dalam Kiln dibagi dalam empat zona tahapan proses yaitu :

1. *Calcinasi Zone* ($900 - 1000^{\circ}C$), material yang belum terkalsinasi di dalam *Preheater* akan mengalami *Calcinasi* lebih lanjut di dalam *Calcining Zone*. Proses yang terjadi pada zona ini adalah proses penguraian secara maksimum dari unsur-unsur reaktif yang terkandung dalam material masih berbentuk serbuk dan bagian dalam Kiln digunakan lapisan *alumina bricks*.
2. *Transition Zone* ($1000 - 1200^{\circ}C$), material mulai berubah fasa dari fasa padat ke fasa cair. Pada zona ini terjadi reaksi antara CaO dengan senyawa $SiO_2Al_2O_3$ dan Fe_2O_3 . Di daerah Kiln dilindungi oleh lapisan *High Alumina bricks*
3. *Sintering Zone* ($1200 - 1350^{\circ}C$), pada daerah ini material akan meleleh (*Sintering*) membentuk mineral *Clinker* sebagai produk Kiln. *Sintering Zone*

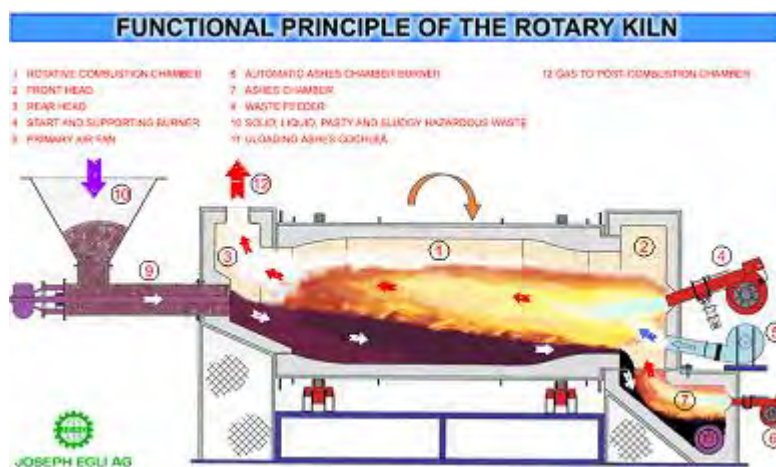
sering disebut juga sebagai *Burning Zone*. Proses yang terjadi pada zona ini adalah pelelehan dari semua material dan reaksi maksimum antar CaO dengan $\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3$ dan Fe_2O_3 . *Mineral Compound* ini membentuk senyawa utama klinker yaitu C_3S (*Alite*), C_2S (*Belite*), C_3A (*Celite*) dan C_4AF (*Felite*). Reaksi ini disebut reaksi klinkerisasi.

4. *Cooling Zone*, material akan mengalami pendinginan awal sebelum masuk ke *Cooler*. Proses pada zona ini, material mengalami perubahan fase menjauhi *gun burner*. Temperatur akan turun hingga 1200 °C, karena adanya gerakan rotasi Kiln, maka sebagian material akan berbentuk granular atau butiran.



Gambar 2.1 *Rotary Kiln*

Sumber: PT. Semen Indoneisa Pabrik Tuban III



Gambar 2.2 Prinsip kerja *Rotary Kiln* (Hermanto, 2014)

Pada Gambar 2.1 adalah *rotary* Kiln di PT. Semen Indonesia pabrik Tuban III. *Rotary* Kiln tersebut berbentuk silinder, diletakkan pada posisi horizontal dan sedikit miring, yang diputar perlahan pada porosnya. Pada Gambar 2.2 terlihat proses yang terjadi di dalam *rotary* Kiln. Material yang akan diolah dimasukan kebagian atas silinder. Karena Kiln berputar, maka material secara bertahap bergerak menuju ujung bawah dan tentunya akan sejumlah pengadukan dan pencampuran. Gas panas melewati sepanjang Kiln, kadang- kadang dalam arah yang searah dengan material yang diproses (*co-current*), tetapi biasanya dalam arah yang berlawanan (*counter-current*). Gas panas yang dihasilkan dari tungku eksternal atau dapat dihasilkan oleh api dari dalam tungku. Api yang dihasilkan dari burner pipe (*firing pipe*) berperan seperti *Bunsen burner* yang besar. Bahan bakar untuk pembakaran ini bisa berasal dari gas, minyak, atau batubara bubuk (Hermanto, 2014).

Kebutuhan bahan bakar atau panas untuk reaksi pembentukan terak di dalam Kiln adalah sekitar 40% dari total bahan bakar seluruhnya dan sisanya yang 60% digunakan di *Preheater*. Agar diperoleh kualitas *Clinker* yang baik, maka bentuk api dan temperatur reaksi di daerah *Sintering Zone* dijaga sekitar 1400°C - 1500°C. Untuk mendapatkan *Loading Factor* yang sesuai dan tepat dengan umpan rata-rata, maka kecepatan putaran Kiln harus disesuaikan (Khalil, 2011).

2.2. Data Gangguan Operasi Di Unit Kiln PT Semen Indonesia pabrik tuban.

Pada proses pembakaran awal menggunakan alat *Preheater* sebelum masuk *Rotary* Kiln. Komposisi masukan kimia sangat penting, karena mempengaruhi hasil terak dan mutu semen yang dihasilkan. Alat utama pada proses ini adalah *Blending Silo*, *Preheater*, *Rotary Kiln* dan *Clinker Cooler*. Tabel 2.1 adalah tabel gangguan operasi yang terjadi di area permesinan di unit Kiln.

Tabel 2.1 Kerusakan pada unit Kiln di PT. Semen Indonesia (Septiana, 2009)

Pada permesinan periode 2003-2005		
Nama Equipment yang berpotensi bahaya	Bentuk Kerusakan	Total Kerusakan
Rotary Kiln	1). Perbaikan Ducting Tertuier 2). 451 DB3 lepas dari sprocket 3). Perbaikan Inlet seal kiln 4). Perb. AS Drum 471 WF1 5). Service main gear 6). Perb. Tire pada kiln 441 tire 1 7). 441 KL1 slipping tire 2 putus 8). Perb. Kiln shoes yang lepas 9). 441 CV 1 & 2 putus 10). 481 BL 3 macet 11). 411 BL 1 macet 12). 411 BL 6 Expansion joint lepas	12
Clinker Cooler	1). Cooling Section 2 grate supporter putus 2). Cooler sect 3 berat 3). Cooler sect 2 berat 4). Perb. cooler comp 4 5). Seal hidrolik cooler sect 1 bocor 6). Actuator cooler sect 2 lepas 7). 441 CC1 Blader accumulator rusak 8). 441 CC1 Sect 2 servis accumulator 9). compartemen 13 plate ada yang lepas 10). Compartemen 16 grate palte ada yang lepas 11). Grate palte comp 7 lepas	11
Preheater ID Fan	1). 481 FN 4V – belt putus	1
Clinker Breaker	1). 441 CR 1 bearing rusak 2). Ganti hammer 441 CR2 3). 481 PW 1V-belt putus 4). 441 CR 2-V belt putus terganjal coating 5). V-belt 441 CR 2 putus	5
Bucket Elevator	1). 421 BE 4 bearing take up rusak 2). 421 BE 4 miring 3). 411 CP3 Coupling Alarm	3

2.3. Deskripsi Peralatan Yang Sering Terjadi Gangguan

Tolak ukur keberhasilan pabrik semen ditentukan oleh keberhasilan mengoperasikan peralatan di unit Kiln, dengan catatan tidak mengesampingkan komponen yang lainnya. Secara umum setiap *equipment* pada unit pembakaran ini sangat mempengaruhi proses produksi semen. Hal ini dikarenakan, jika terjadi suatu kegagalan *equipment* maka secara otomatis akan mematikan *equipment* lain yang langsung berhubungan sehingga hal ini nantinya akan dapat mematikan unit pembakaran secara keseluruhan agar tidak timbul dampak dan kerugian yang lebih besar. Namun dari banyak *equipment* yang ada di unit pembakaran ini terdapat beberapa *equipment* penting yang harus diperhatikan lebih lanjut untuk pengidentifikasian resiko bahaya, sehingga perusahaan dapat menentukan tindakan yang tepat untuk mengurangi bahkan menghindari bahaya yang nantinya mungkin akan terjadi. Tabel 2.2 adalah tabel diskripsi dari masing – masing peralatannya.

Tabel 2.2 Diskripsi komponen yang sering terjadi gangguan (Septiana, 2009)

Nama Komponen	Kapasitas	Size	Karakteristik
<i>Clinker Cooler</i>	7500 MTD day	1633 H /18844/1845 H	HYD Pump 90 KW, 1500 rpm ; HYD Oil pump 3,75 KW ,1500 Rpm ; Lube Pump 0,33 KW ; Hidrolic System, Grate Plate, Pusher, Cross Head Assembly, Internal Whell assembly, moveable frame, stationary frame
<i>Clinker Breaker</i>	-	-	hammer shaft, hammer hubs, hammer assembly, bearing and bearing pillow block Motor 75 KW, 100 Rpm
<i>Preheater ID Fan</i>	706000 m ³ per hour	-	Impeller assembly and electrical ; Equipment motor: 2500 KW, 100 Rpm, Tekanan : -846 MM W.G , Temperatur : 430°C
<i>Rotary Kiln</i>	7500 MTPH	5,6m (Wide) x 84.0m (long)	Reading ring, thrust ring, Kiln shell, feed and section, thrust support roller, gear, clutch, backstop, pillow block with bearing, gear spring mounts, auxillary diesel engine, lubrication system, hydrolic cylinder, pinion with integral shaft, air cowl with hardware, nose cashing with hardware, tail casing with hardware, bracing, thrust support roller, bearings hydrolic thrust device assembly, main gear reducer, and auxillary gear reducer, main drive motor (2) 600KW, 1150 Rpm DC

2.4. Hazard and Operability Study (HAZOPS)

Hazard and Operability Study (HAZOPS) adalah suatu teknik identifikasi dan analisis bahaya yang formal, sistematis dan terstruktur untuk meninjau suatu proses atau operasi pada sebuah sistem secara otomatis dan menguji potensi deviasi operasi dari kondisi desain yang dapat menimbulkan masalah operasi proses dan bahaya (Khalil, 2011).

Terdapat empat tujuan dasar dari analisis studi HAZOP (Nolan, 1994) yaitu:

1. Untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab dari semua perubahan penyimpangan dalam fungsi proses.
2. Untuk menentukan semua bahaya-bahaya dan permasalahan operasi.
3. Untuk memutuskan aksi apa yang dibutuhkan untuk mengontrol bahaya atau permasalahan *operability*.
4. Untuk meyakinkan bahwa aksi-aksi yang telah diputuskan terimplementasi dan terdokumentasi.

Adapun dibutuhkan beberapa informasi terlebih dahulu sebelum melakukan HAZOP studi yaitu diantaranya :

1. Untuk *Preliminary HAZOP*:
 - 1) *Process Flow Diagram*
 - 2) Deskripsi dari proses tersebut
2. Untuk *Detail HAZOP*:
 - 1) *Piping and Instrument Diagram (P&ID)*
 - 2) *Process Calculation*
 - 3) *Process Data Sheets*
 - 4) *Instrument Data Sheets*
 - 5) *Interlock Schedules*
 - 6) *Layout Requirements*
 - 7) *Hazardous Area Classification*
 - 8) *Schedule of alarm trip setting, cause and effect chart*
 - 9) *Piping Material Specifications, Main Piping Layout and Elevation Drawing*

2.4.1 Konsep dari “NODE”

Dalam studi HAZOP, *review team* harus mengidentifikasi area-area atau komponen-komponen dari sistem yang akan dianalisa selama proses review. Dalam industry kimia, terdapat komponen-komponen individu yang mengacu pada “node-node”. Terdapat tiga kriteria dasar dalam mengidentifikasi node-node yang akan direview yaitu (Kenneth, 2001) :

- Membagi fasilitas kedalam sistem proses dan subsistem.
- Mengikuti aliran proses dari sistem.
- Mengisolasi subsistem kedalam koponen mayor yang mencapai sebuah obyek tunggal seperti peningkatan tekanan, pemisahan gas-gas, penghilangan air dll.

2.4.2 Guide Words dan Parameter HAZOP

Guide Words merupakan kata-kata mudah (*simple*) yang digunakan untuk desain secara kualitatif atau kuantitatif dan sebagai penunjuk serta simulasi proses brainstorming untuk mengidentifikasi bahaya-bahaya proses (*Center Chemical Process Safety*, 2008). Sedangkan proses parameter merupakan properti kimia atau fisika dengan proses, meliputi item-item general seperti *reaction*, *mixing*, *concentration*, pH, dan proses parameter yang spesifik seperti *temperature*, *pressure*, *phase*, dan *flow*. Tabel 2.3 merupakan contoh Tabel dari *guide words* dan Tabel 2.4 merupakan Tabel parameter proses HAZOP.

Tabel 2.3. *Guide Words* HAZOP

<i>Guide Words</i>	<i>Meaning</i>
<i>No</i>	<i>Negation of the Design Intent</i>
<i>Less</i>	<i>Quantitative Decrease</i>
<i>More</i>	<i>Quantitative Increase</i>
<i>Part Of</i>	<i>Qualitative Decrease</i>
<i>As Well As</i>	<i>Qualitative Increase</i>
<i>Reverse</i>	<i>Logical Opposite of the intent</i>
<i>Other Than</i>	<i>Complete Substitution</i>

Sumber: *Center for Chemical Process Safety*, 1992

Tabel 2.4 Parameter Proses Analisa HAZOP

<i>Flow</i>	<i>Time</i>	<i>Frequency</i>	<i>Mixing</i>
<i>Pressure</i>	<i>Composition</i>	<i>Viscosity</i>	<i>Addition</i>
<i>Temperature</i>	<i>pH</i>	<i>Voltage</i>	<i>Separation</i>
<i>Level</i>	<i>Speed</i>	<i>Information</i>	<i>Reaction</i>

Sumber: *Center for Chemical Process Safety*, 2001

Teknik analisa HAZOP membutuhkan Gambar proses atau prosedur yang dibagi menjadi titik studi, bagian proses, atau langkah operasi dan potensi bahaya proses tersebut ditempatkan dengan menggunakan *guide words*. Hasil dari HAZOP dicatat dalam format tabulasi, dapat dilihat pada Tabel 2.5.

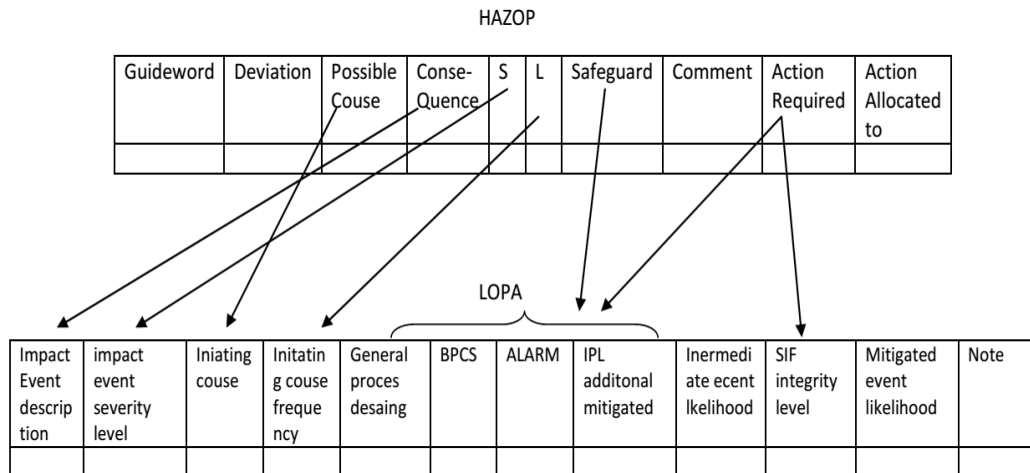
Tabel 2.5 Format Lembar Kerja Analisa HAZOP (kennet.2010)

G W	Dev	Cause	Cose quence	Safe guard	S	L	R	Re com	Re mark	Comment

2.4.3 Integrasi HAZOP dan LOPA

HAZOP dan penentuan SIL (*Safety Integrity Level*) merupakan kedua sesi yang terpisah. Keduanya memerlukan informasi yang sama dan sebuah *database* yang umum yaitu keuntungan, sebagai hasil adalah penghematan waktu dan biaya. Pengerjaan analisis dalam satu sesi memberikan penghematan hingga 30% dan sebuah kemajuan yang signifikan dalam integritas data dan manajemen (Lassen, 2008). Penentuan nilai SIL yang dibutuhkan dapat dilakukan dengan cara mengintegrasikan antara HAZOP dan LOPA (*Layer of Protection Analysis*). Berikut ini akan dijelaskan integrasi antara HAZOP dan LOPA yang ditunjukkan pada Tabel 2.6.

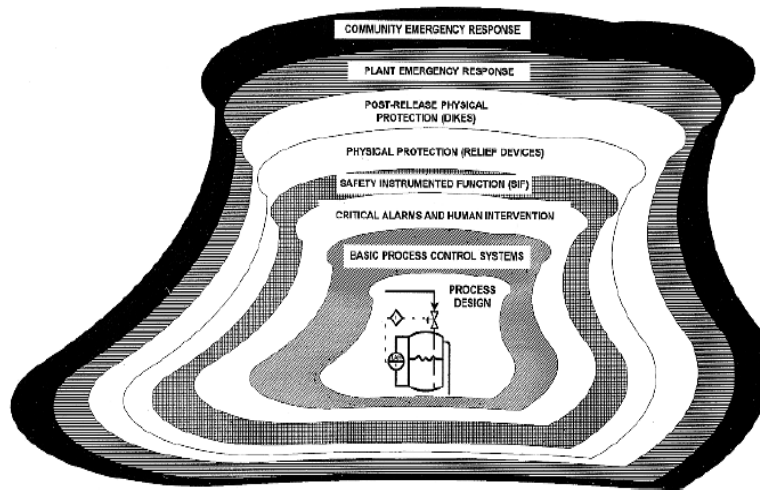
Tabel 2.6 Hubungan antara HAZOP dan LOPA (*Lassen, 2008*)



Tabel 2.6. menunjukkan interaksi di antara HAZOP and LOPA pada *worksheets*. LOPA dikerjakan dari kiri ke kanan dalam *worksheets* dan mendapatkan masukan dari HAZOP selama proses analisis. Jika proses deviasi dalam HAZOP adalah *high pressure*, konsekuensi dari HAZOP dapat berupa “lepas ke lingkungan”. *Impact Event* juga “lepas ke lingkungan” karena konsekuensi yang diidentifikasi di dalam HAZOP menjawab *impact event* pada LOPA. *Possible causes* dari HAZOP merupakan *initiating causes* di dalam LOPA (Dowell, 1998). *Safeguards* diidentifikasi di dalam HAZOP yang ditunjukkan di dalam IPL (*Independent Protection Layers*) dalam LOPA. Catatan bahwa semua IPL adalah *safeguards*, tapi tidak semua *safeguards* adalah IPL (*Center Chemical Process Safety, 2001*). Semua IPL yang termasuk di dalam kolom di dalam *worksheet* LOPA, harus diimplementasikan dan membutuhkan evaluasi.

Konsekuensi HAZOP *severity ranking* (S), dan konsekuensi HAZOP *likelihood* (L) dapat ditransformasikan kedalam LOPA, dan *impact events severity level* dan *initiating cause frequency* adalah syarat yang dapat dipakai di dalam LOPA dengan kolom yang terkait (Dowell, 2005). Setiap zona akan dibagi menjadi sub-sub sistem guna diidentifikasi bahayanya berdasarkan *layer of protection* (LOPA) dimulai dari (1) *layer Process Design*, (2) *Basic Process Control System* (BPCS), (3) *layer Alarm System*, (4) *layer Emergency Shutdown System* (ESD), dan (5) *layer Passive Protection* yang ada pada setiap sub-sistem. Dimana setiap bahaya mempunyai probabilitas (*likelihood*) dan konsekuensinya

(*impact*) terhadap personal, lingkungan, aset dan reputasi, sehingga dapat dihitung tingkat resikonya untuk dibandingkan dengan “*Risk Matrix*” perusahaan terkait. *Layer of Protection Analysis* (LOPA) merupakan alat semikuantitatif untuk menganalisa dan menilai resiko (Center for Chemical Process Safety, 2001). LOPA dapat secara efektif digunakan pada tiap poin siklus dari sebuah proses atau fasilitas.



Gambar 2.3. Lapisan pertahanan LOPA (CCPS, 2001)

Masukan LOPA adalah skenario yang diperoleh dari identifikasi potensi bahaya. Tujuan utama LOPA adalah untuk memastikan bahwa telah ada lapisan perlindungan yang sesuai untuk melawan skenario kecelakaan. Skenario mungkin membutuhkan satu atau lebih lapisan perlindungan tergantung pada kompleksitas proses dan *severity* dari sebuah *consequence*. Untuk skenario yang diberikan, hanya satu lapisan perlindungan yang harus berhasil bekerja mencegah *consequence*. Walaupun tidak ada lapisan yang efektif dengan sempurna, lapisan perlindungan yang cukup harus disediakan agar resiko kejadian dapat ditolerir (Khaleghi, 2013).

Gambar 2.3 merupakan lapisan pertahanan LOPA. Karakteristik lapisan pertahanan dikelompokkan sebagai IPL (*Independent Protection Layer*) dalam metode LOPA dibahas pada penjelasan di bawah ini (Fredrickson.2002):

1. *Process Design*

Pada banyak perusahaan, diasumsikan bahwa beberapa skenario tidak dapat terjadi karena desain *inherently safer* pada peralatan dan proses. Pada

perusahaan lainnya, beberapa fitur pada desain proses yang *inherently safer* dianggap *nonzero PFD* (*Probability Failure Demand*) masih terjadi-artinya masih mungkin mengalami kegagalan industri. Desain proses harus dianggap sebagai IPL (*Independent Protection Layer*), atau ditetapkan sebagai metode untuk mengeliminasi skenario, tergantung pada metode yang digunakan oleh organisasi.

2. *Basic Process Control System (BPCS)*

BPCS meliputi kendali manual normal, adalah level perlindungan pertama selama operasi normal. BPCS didesain untuk menjaga proses berada pada area selamat. Operasi normal dari BPCS *control loop* dapat dimasukkan sebagai IPL jika sesuai kriteria. Ketika memutuskan menggunakan BPCS sebagai IPL, analis harus mengevaluasi efektivitas kendali akses dan sistem keamanan ketika kesalahan manusia dapat menurunkan kemampuan BPCS.

3. *Critical Alarms and Human Intervention*

Sistem ini merupakan level perlindungan kedua selama operasi normal dan harus diaktifkan oleh BPCS. Tindakan operator, diawali dengan alarm atau observasi, dapat dimasukkan sebagai IPL (*Independent Protection Layer*) ketika berbagai kriteria telah dapat memastikan keefektifan tindakan.

4. *Safety Instrumented Function (SIF)*

SIF adalah kombinasi sensor, *logic solver*, dan *final element* dengan tingkat integritas keselamatan spesifik yang mendeteksi keadaan diluar batas dan membawa proses berada pada fungsi yang aman. SIF merupakan fungsi *independent* dari BPCS (*Basic Process Control System*). SIF normalnya ditetapkan sebagai IPL (*Independent Protection Layer*) dan desain dari suatu sistem, tingkat pengurangan, dan jumlah dan tipe pengujian akan menentukan PFD (*Probability Failure Demand*) dari SIF (*Safety Instrument Function*) yang diterima LOPA.

5. *Physical Protection (Relief Valves, Rupture Disc, etc)*

Alat ini, ketika ukuran, desain, dan perawatannya sesuai, adalah IPL yang dapat menyediakan perlindungan tingkat tinggi untuk mencegah tekanan berlebih. Keefektifan mereka dapat rusak akibat kotor dan korosi, jika *block*

valves dipasang di bawah *relief valve*, atau jika aktivitas inspeksi dan perawatan sangat memprihatinkan.

6. *Post Release Protection (Dikes, Blast Walls, etc)*

IPL ini adalah alat pasif yang dapat menyediakan perlindungan tingkat tinggi jika didesain dan dirawat dengan benar. Walaupun laju kegagalan mereka rendah, kemungkinan gagal harus dimasukkan dalam skenario.

7. *Plant Emergency Response*

Fitur ini (pasukan pemadam kebakaran, sistem pemadaman manual, fasilitas evakuasi, dll) secara normal tidak ditetapkan sebagai IPLs karena mereka diaktifkan setelah pelepasan awal dan terlalu banyak variabel mempengaruhi keseluruhan efektifitas dalam mengurangi skenario.

8. *Community Emergency Response*

Pengukuran ini, yang meliputi evakuasi komunitas dan tempat perlindungan secara normal tidak ditetapkan sebagai IPLs karena mereka diaktifkan setelah pelepasan awal dan terlalu banyak variabel mempengaruhi keseluruhan efektifitas dalam mengurangi skenario. Hal ini tidak menyediakan perlindungan terhadap personil *plant*.

2.5. *Safety Instrumented System (SIS) dan Safety Integrity Level (SIL)*

Safety Instrumented System (SIS) dapat dikatakan sebagai sistem proteksi. Sistem ini menjaga proses yang ada di industri agar selalu aman dan dapat mendeteksi kondisi yang tidak diinginkan atau berbahaya. SIS inilah yang menjamin keselamatan seperti desain dari *process safety engineer* ketika terjadi *Unsafe Condition* dan *Abnormal Condition*. Sebuah sistem keselamatan juga sebaiknya memiliki tingkat integritas keselamatan dari perlindungan yang ada atau disebut juga dengan *Safety Integrity Level (SIL)* yaitu tingkatan range keamanan dari suatu *equipment* yang berbasis instrument (Mecfredicsfe, 2007) atau nilai ukur dari performansi suatu peralatan-peralatan yang mengkonfigurasi *Safety Instrumented System (SIS)* seperti sensor, *logic solver*, dan *final element*. *Safety Integrity Level* mempresentasikan besarnya probabilitas kegagalan dari komponen *Safety Instrumented System (SIS)* ketika ada permintaan (ISA 84.01, 2007).

Standar sistem proteksi pada setiap industri berbeda-beda dimana hal ini terkait dengan kehandalan dari sistem *instrumentasi*. Besar kecilnya tingkatan resiko dari suatu industri akan mempengaruhi kebutuhan sistem pengendalian yang lebih baik. Perhitungan nilai SIL dapat digunakan untuk menentukan performansi dari suatu sistem pengendalian dimana digunakan untuk membandingkan resiko yang telah dihitung

Safety Integrity Level (SIL) merupakan pengukuran dari *risk reduction* yang disediakan oleh SIF berdasarkan level 1 hingga 4. SIL 1, SIL 2, SIL 3, dan SIL 4 telah dikelompokkan ke dalam standart IEC 61508. Level SIL memiliki keterkaitan dengan nilai *Risk Reduction Factor* (RRF) dan *Probability Failure Demand* (PFD).

Nilai total PFD dapat diperoleh dengan:

$$PFD_{total} = PFD_{sensor} + PFD_{logic\ solver} \quad (2.1)$$

Hasil dari besarnya nilai PFD akan mempengaruhi nilai dari *risk reduction factor* (RRF), dimana :

$$RRF = \frac{1}{PFD} \quad (2.2)$$

Standart ISA-TR84.00.02-2002 menjelaskan tentang persamaan yang digunakan dalam perhitungan dengan berbagai arsitektur. Adapun arsitektur dapat terlihat sebagai berikut :

1) 1oo1

$$PFD_{avg} = \lambda^{DU} x \frac{TI}{2} \quad (2.3)$$

2) 1oo2

$$PFD_{avg} = \left[\frac{(\lambda^{DU})^2 x TI^2}{3} \right] \quad (2.4)$$

3) 1oo3

$$PFD_{avg} = \left[\frac{(\lambda^{DU})^3 x TI^3}{4} \right] \quad (2.5)$$

4) 2oo2

$$PFD_{avg} = \lambda^{DU} \times TI \quad (2.6)$$

5) 2oo3

$$PFD_{avg} = (\lambda^{DU})^2 \times TI^2 \quad (2.7)$$

6) 2oo4

$$PFD_{avg} = (\lambda^{DU})^3 \times TI^3 \quad (2.8)$$

Adapun maksud dari arsitektur tersebut adalah

- 1) 1oo1 artinya *one out of one*, terdapat 1 keluaran dari 1 SIF.
- 2) 1oo2 artinya *one out of two*, terdapat 1 keluaran dari 2 SIF.
- 3) 1oo3 artinya *one out of three*, terdapat 1 keluaran dari 3 SIF.
- 4) 2oo2 artinya *two out of two*, terdapat 2 keluaran dari 2 SIF.
- 5) 2oo3 artinya *two out of three*, terdapat 2 keluaran dari 3 SIF.
- 6) 2oo4 artinya *two out of four*, terdapat 2 keluaran dari 4 SIF.

λ merupakan besarnya laju kegagalan dan TI adalah waktu *maintenance* dari suatu *instrument*. Data laju kegagalan dapat diperoleh berdasarkan *historical data* dimana biasanya berasal dari *data base* seperti OREDA (*Offshore Reliability Data*) maupun dari data *maintenance* suatu industri. Perlakuan *maintenance* suatu *instrument* yang semakin *intens* akan menurunkan resiko dan memperkecil *failure*. Hal ini menunjukkan hubungan dimana laju kegagalan sebanding dengan terjadinya *failure* namun berbanding terbalik dengan tingkat penurunan resiko. PFD (*Probability of Failure on Demand*) dan RRF (*Risk Reduction Factor*) untuk beberapa tingkat SIL (*Safety Integrity Level*) sebagaimana didefinisikan dalam IEC 61508 ditunjukkan pada tabel 2.7.

Tabel 2.7. Tingkat SIL terhadap PFD dan RRF

Safety Integrity Level (SIL)	Probability of Failure on Demand (PFD)	Risk Reduction Factor (RRF)
4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	100000 to 10000
3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$	10000 to 1000
2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$	1000 to 100
1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$	100 to 10

Sumber: IEC61508, 1999

2.6 Perhitungan Resiko

Resiko merupakan kombinasi dari *likelihood* dan *consequence*. *Likelihood* ialah kemungkinan dalam suatu periode waktu dari suatu resiko akan muncul. Perhitungan kemungkinan yang sering digunakan adalah frekuensi. *Consequence* ialah akibat dari suatu kejadian yang biasanya dinyatakan sebagai kerugian dari suatu resiko. Oleh karena itu, perhitungan resiko dilakukan dengan mengalikan nilai *likelihood* dengan *consequence* (Ahmad, 2011).

$$Risks = Likelihood \times Consequence \quad (2.9)$$

Dimana :

Consequence = konsekuensi untuk suatu resiko (contoh: Rp)

Likelihood = frekuensi kegagalan untuk suatu resiko (contoh: pertahun)

Nilai *likelihood* diperoleh dari perbandingan antara jumlah hari operasional per tahun terhadap nilai MTTF (*Mean To Time Failure*) seperti persamaan (2.10).

$$Likelihood = \frac{T}{MTTF} \quad (2.10)$$

Nilai MTTF didapat dari setiap data *maintenance* komponen atau data laju kegagalan. MTTF didapatkan dari :

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.11)$$

λ adalah nilai dari *failure rate*.

(Kotek, 2012)

2.7 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Model *fuzzy* dapat digunakan sebagai pengganti dari *perceptron* dengan banyak lapisan. Dalam hal ini, sistem dapat dibagi menjadi 2 grup, yaitu berupa jaringan syaraf dengan bobot-bobot *fuzzy* dan fungsi aktivasi *fuzzy*, dan grup kedua berupa jaringan syaraf dengan masukan yang difuzzykan pada lapisan pertama atau kedua, namun bobot-bobot pada jaringan syaraf tersebut tidak difuzzykan. *Neuro-fuzzy* termasuk kelompok yang kedua (Akkoc, 2012).

ANFIS adalah arsitektur yang secara fungsional sama dengan *fuzzy rule base* model Tagaki Sugeno Kang (TSK). Arsitektur ANFIS juga sama dengan jaringan syaraf dengan fungsi radial dengan sedikit batasan tertentu. Bisa dikatakan bahwa ANFIS adalah suatu metode yang mana dalam melakukan

Struktur ANFIS yang menggambarkan sistem *fuzzy* TSK seperti di Gambar 2.4 ditunjukkan dalam diagram blok atau yang dikenal dengan arsitektur jaringan syaraf *feedforward* seperti Gambar 2.5. Pada Gambar 2.5 terlihat sistem *neuro-fuzzy* terdiri atas lima lapisan dengan fungsi yang berbeda untuk tiap lapisannya. Tiap lapisan terdiri atas beberapa simpul yang dilambangkan dengan kotak atau lingkaran. Lambang kotak menyatakan simpul adaptif artinya nilai parameternya bisa berubah dengan pembelajaran dan lambang lingkaran menyatakan simpul nonadaptif yang nilainya tetap. Penjelasan lebih lengkap dapat dijabarkan di bawah ini.

1) Lapisan 1

Pada lapisan pertama ini, merupakan lapisan yang terdiri dari simpul-simpul adaptif atau nilai yang dapat berubah-ubah. Pada struktur ANFIS lapisan ini biasanya merupakan derajat keanggotaan (μ_i) dari *fuzzy set*. Fungsi keanggotaan *fuzzy* masukan (*premis*) yang biasanya digunakan adalah jenis G-bell (*Generalized Bell*). Fungsi G-bell berfungsi untuk menentukan derajat sesuai dengan kehendak dengan memasukkan parameter awal dan jumlah himpunan *fuzzy* masukan (x) dan selanjutnya parameter *premis* akan diolah dengan metode pembelajaran.

2) Lapisan 2

Pada lapisan ini, semua simpul adalah parameter-parameter tetap (*non adaptif*). Simpul ini berguna untuk mengalikan setiap masukan yang masuk. *Output* dari simpul ini menyatakan derajat pengaktifan untuk setiap *fuzzy rule*. Fungsi ini dapat diperluan apabila jumlah fungsi *premis* lebih dari dua himpunan *fuzzy*. Semakin banyak fungsi ini menandakan semakin banyak pula *fuzzy rule* yang dibentuk.

3) Lapisan 3

Simpul ini sama halnya dengan simpul pada lapisan 2 yang merupakan simpul non adaptif yang dapat menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi, yaitu rasio keluaran simpul ke-i pada lapisan sebelumnya terhadap seluruh keluaran lapisan sebelumnya.

4) Lapisan 4

Merupakan simpul adaptif dengan derajat pengaktifan ternormalisasi dari lapisan sebelumnya. Parameter p , q , r menyatakan parameter *consequency* yang adaptif berdasarkan *output* dari lapisan sebelumnya.

5) Lapisan 5

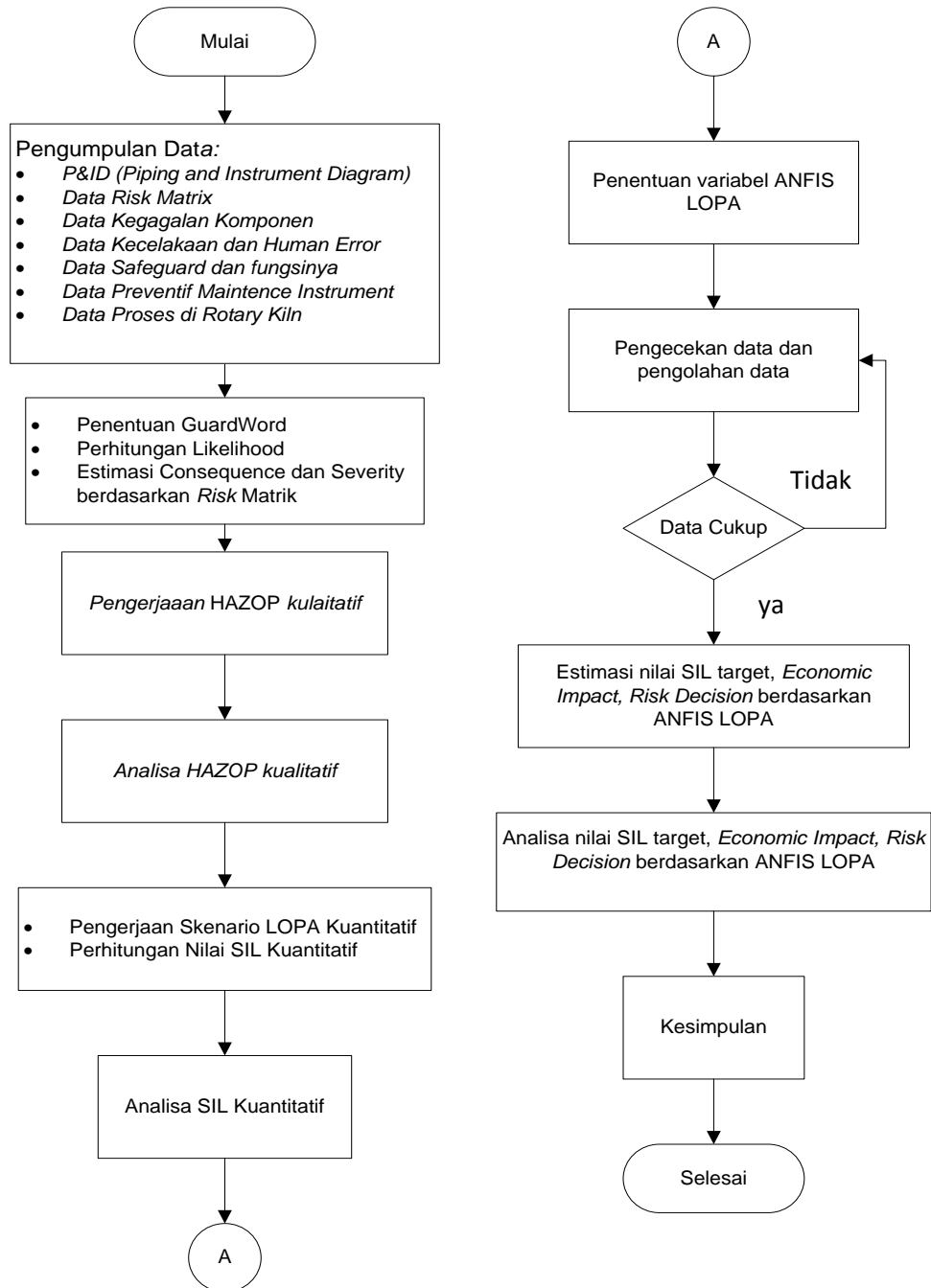
Pada lapisan ini adalah lapisan yang menjumlahkan semua masukan dan hanya mempunyai satu keluaran (Ardhana, 2011).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Metodologi dalam pengerjaan tesis dapat digambarkan dalam bentuk alir diagram sebagai berikut :

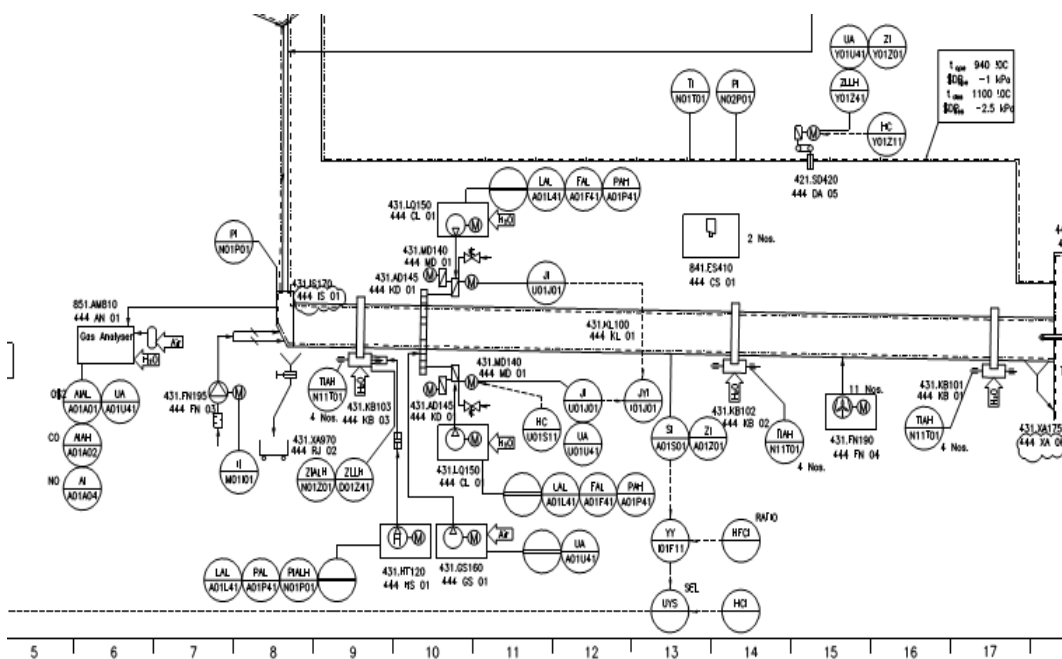


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan dari alur diagram diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.1.1 Tahap Identifikasi

Tahap ini dilakukan sebagai tahap awal dalam pengumpulan informasi terkait dengan data proses, meliputi *Process Flow Diagram* (PFD), *Piping & Instrument Diagram* (P&ID), dan data proses terkait dengan poses yang terjadi di *rotary* Kiln PT Semen Indonesia Pabrik Tuban III. Informasi terkait skenario bahaya proses dikembangkan dengan menggunakan metode HAZOPS dan LOPA. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui parameter serta model terkait dari sistem yang ada. Hasil dari identifikasi bermanfaat untuk mengembangkan skenario suatu bahaya proses sehingga dapat digunakan untuk menentukan variabel ANFIS *Layer Of Protection Analysis*. Berikut ini P&ID *Rotary* Kiln PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban III:



Gambar 3.2 P&ID *Rotary* Kiln PT. Semen Indonesia Tuban III (CCR Tuban III)

Sistem yang dikaji berdasarkan P&ID *Rotary* Kil PT. Semen Indonesia Tuban III seperti pada Gambar 3.2. Pada P&ID beberapa parameter proses fisis yang terjadi di proses produksi di *rotary* Kiln, antara lain: *level*, *temperature*, *pressure*, *flow*, *speed* dan *voltage*. Penggunaan P&ID juga

berkaitan dengan pembagian *node* (titik pengukuran). Untuk *node rotary* Kiln didapatkan berdasarkan pembagian zona di *rotary* Kiln. Jadi peneliti membagi *rotary* Kiln menjadi 4 *node*: *node* 1 (pada zona kalsinasi), *node* 2 (zona transisi), *node* 3 (zona pembakaran) dan *node* 4 (zona pendinginan). Pada *node* 1 terdapat parameter proses berupa *flow* dengan indikator alarm gas analyser, *node* 2 terdapat proses fisis berupa *speed*, *temperature*, *level* dan *voltage*. Sedangkan *node* 3 berupa parameter proses *temperature*. *Node* 4 terdapat proses fisis berupa *flow* dan *pressure*.

3.1.2 Pengumpulan Data

Tahapan ini dilakukan dengan mengumpulkan berbagai macam data terkait dengan variabel ANFIS *Layer Of Protection Analysis*. Data-data meliputi desain proses, kontrol dari sistem terkait BPCS (*Basic Process Control System*), alarm proses, dan prosedur operasi), tindakan pencegahan yang dilakukan (*Safety Integrated System/SIS*), tindakan mitigasi, sistem pemadam kebakaran, dan respon darurat *plant* maupun pihak terkait. Selain itu juga diperlukan data PFD (*Probability Failure Demand*), P&ID, *maintenance*, serta data terkait HSE (*Health, Safety, Environment*) seperti data *human error*, *unsafe action* dan *condition*, dan data kecelakaan. Data yang merupakan bagian dari LOPA (*Layer Of Protection Analysis*) digunakan untuk menyusun variabel masukan sistem ANFIS.

3.1.3 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan akan diklasifikasikan dalam parameter masukan dari sistem *fuzzy* yang akan dibuat. ANFIS yang ada menggunakan variabel masukan berupa numerik dan keluaran yang diharapkan linguistik sehingga metode Takagi Sugeno dapat diterapkan. Pengolahan data menggunakan ANFIS dilakukan secara dua tahap. Tahap pertama diharapkan memiliki variabel keluaran berupa dampak keparahan. Keluaran dari tahap pertama akan digunakan untuk pengolahan data pada tahap kedua dengan menambahkan variabel masukan berupa frekuensi dari PFD (*Probability Failure On Demand*). Keluaran akhir dari sistem *fuzzy*

berupa nilai *rating* SIL dari *Rotary Kiln* PT Semen Indonesia Pabrik Tuban III.

3.2 HAZOP (*Hazard dan Operability Study*) dan LOPA (*Layer of Protection Analysis*)

Identifikasi resiko dilakukan dalam 4 *node* meliputi: Proses pada *plant rotary Kiln* dimana zona kalsinasi sebagai *node 1*, zona transisi sebagai *node 2*, zona pembakaran sebagai *node 3* dan zona pendinginan sebagai *node 4*. Pembagian identifikasi area dan komponen sistem yang dianalisis pada *plant rotary Kiln* di PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban 3. Pendekatan dilakukan secara objektif dan subyektif dalam penilaian kegagalan pada identifikasi HAZOP. Skenario disusun dalam *worksheet* yang memiliki nilai deviasi tertentu. Nilai deviasi tertinggi yang digunakan dalam perhitungan SIL pada LOPA.

Untuk mendapatkan *worksheet* HAZOP diperlukan control chart. Berikut ini formula untuk mencari *mean (centrer line / CL)*, UCL1, UCL2, UCL3, LCL1, LCL2 dan LCL3 (Seller, 2011) :

$$\text{Mean / Center Line (CL)} = \frac{\sum X_i}{\sum n_i} \quad (3.1)$$

$$\text{Standart Deviation} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (3.2)$$

$$\text{Upper Control Limit (UCL)} = \text{CL} + k \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n_i}} = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s} \quad (3.3)$$

$$\text{Lower Control Limit (LCL)} = \text{CL} - k \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n_i}} = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s} \quad (3.4)$$

Untuk *subgroup* sebesar $n = 24$, nilai A_3 yang digunakan adalah 0,619 .Nilai $k = 1, 2, 3$ merupakan *coverage factor* atau factor cakupan yang berkaitan dengan *level of confidence*. Nilai $k = 1$ mempunyai *level of confidence* sebesar 68 %, $k = 2$ sebesar 95 % dan $k = 3$ sebesar 99% (Montgomery, 2009).

Likelihood merupakan frekuensi kemungkinan suatu risiko dapat terjadi pada suatu komponen pada suatu periode waktu tertentu (Ahmad, 2010). Nilai *likelihood* diperoleh dari perbandingan antara jumlah hari operasional per tahun terhadap nilai MTTF (*Mean Time To Failure*). Sistem Kiln tidak pernah berhenti beroperasi sehingga dalam 1 hari Kiln terus beroperasi selama 24 jam. *Likelihood*

ditentukan melalui persamaan (3.5) dan (3.6) sedangkan nilai laju kegagalan (λ) dapat ditentukan melalui persamaan (3.5) berikut (Meeker, 1998) :

$$Likelihood = \frac{T}{MTTF} \quad (3.5)$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (3.6)$$

$$\lambda = \frac{\text{total failures}}{\text{total hours}} \quad (3.7)$$

Worksheet LOPA terdiri dari *initialing causes*, *impact event*, dan *safeguards* yang sebelumnya diidentifikasi dalam HAZOP. Hal yang membedakan pada LOPA, terdapat *Independent Protection Layer* (IPL) yang lebih lengkap untuk evaluasi. Metode ini mengevaluasi resiko dari skenario kecelakaan yang dipilih. Frekuensi *initiating event* dan IPL dari skenario ditetapkan berdasarkan *probability of failure on demand* (PFD) masing-masing. Data ditentukan berdasarkan data historis dari perusahaan, OREDA (*Offshore Reliability Data*) dan data MTBF (*Mean Time Between Failure*) dari spesifikasi instrument. Laju kegagalan yang digunakan disesuaikan berdasarkan operasi yang ditetapkan pada lokasi sama dengan rentang data tertentu. Metode LOPA dapat mengasumsikan bahwa laju kegagalan adalah konstan, namun untuk sistem atau operasi yang tidak berkelanjutan harus disesuaikan agar diketahui kerugian waktu (*time at risk*) suatu komponen atau operasi yang telah ditentukan.

Identifikasi frekuensi maksimum untuk tingkat keparahan dari sebuah konsekuensi ditinjau berdasarkan *Target Migated Event Likelihood* (TMEL). Nilai TMEL ditentukan berdasarkan tingkat keparahan paling tinggi yaitu 1×10^{-5} . Kriteria nilai TMEL digunakan untuk membandingkan dengan nilai SIL (*Safety Integrity Level*) agar diketahui kesesuaian terhadap target perusahaan. Identifikasi dilakukan pada lapisan pelindung aktif dan pasif untuk mengetahui perlindungan yang dapat mengurangi resiko dimana dapat berupa sistem atau tindakan. Identifikasi resiko disusun dalam bentuk Tabel LOPA (*Layer of Protection Analysis*) yang dapat menampilkan nilai PFD (*Probability Failure Demand*) setiap skenario dengan beberapa lapisan pelindung. Nilai PFD dikalkulasi dan dibandingkan dengan nilai TMEL sehingga diperoleh nilai SIL (*Safety Integrity Level*).

3.2.1 Identifikasi sebab akibat skenario

Deskripsi dilakukan berdasarkan data aktual dilapangan, penilaian penelitian dan merujuk pada referensi terkait. Pendekatan dilakukan secara objektif dan subjektif dalam melakukan penilaian terhadap kegagalan instrument sesuai dengan identifikasi HAZOP.

3.2.2 Identifikasi TMEL (*Target Mitigated Event Likelihood*)

Penentuan nilai TMEL dilakukan oleh manajemen perusahaan berdasarkan tingkat keparahan (*severity level*) dan *safety consequence*. Sangatlah penting untuk menentukan / mengubah kriteria TMEL. Hal ini bertujuan membandingkan apakah nilai SIL sesuai dengan target perusahaan atau tidak.

3.2.3 Identifikasi lapisan- lapisan pelindung/ IPL (*Independent Protection Layer*)

Identifikasi IPL dilakukan untuk mengetahui skenario proses dalam mencegah adanya *consequency* yang tidak diinginkan menjadi *initiating events*. IPL yang digunakan dalam analisis LOPA meliputi IPL aktif dan pasif. Pada umumnya IPL aktif disediakan dengan perlindungan tingkat tinggi dapat berupa sistem atau tindakan yang langsung diambil oleh operator dimana selalu bergerak dari satu posisi ke posisi lainnya sebagai respon terhadap perubahan seperti proses yang terukur atau sinyal dari sumber lainnya. Hal ini berbeda halnya dengan IPL pasif yang hanya memberi perlindungan tinggi namun tidak terdapat tindakan yang dapat mengurangi resiko, contohnya parit, tanggul, tembok tinggi

3.2.4 Perhitungan PFD LOPA

Likelihood pada LOPA berdasarkan data maintenance pada perusahaan terkait, apabila nilai λ (*failure rate*) tidak tersedia maka merujuk pada OREDA dan ketika tidak tersedia dalam OREDA (*Offshore Reliability Data*) maka dapat digunakan data manufaktur yang diperoleh berdasarkan spesifikasi instrument. Sehingga diperoleh tingkat akurasi nilai PFD (*Probability Failure On Demand*) untuk penentuan nilai SIL (*Safety Integrity Level*).

3.3 Prosedur LOPA

Worksheet LOPA dikerjakan berdasarkan deviasi tertinggi HAZOP dimana hasil *consequence* HAZOP merupakan *impact event description* LOPA. *Severity* HAZOP merupakan *impact event level* LOPA sedangkan *possible causes* HAZOP digunakan untuk mengisi kolom *initiating causes* LOPA (Dowell, 1993). *Severity* HAZOP yang berwarna merah atau kategori resiko tinggi yang dapat diintegrasikan dalam LOPA (Lassen, 2008). Perhitungan frekuensi untuk PFD (*Probability Failure Demand*) dimulai dari kolom *initating cause frequency* yang diperoleh dari *likelihood* HAZOP. Protection layer pada LOPA diperoleh berdasarkan *safeguard* HAZOP dimana dijabarkan dalam beberapa kolom seperti *general process design*, *Basic Process Control System* (BPCS), *Alarm*, dan *additional mitigation*. Seluruh kolom IPL (*Independent Protection Layer*) diisi dengan nilai PFD (*Probability Failure Demand*) dari masing-masing skenario yang ada.

3.3.1 Protection Layer

General process design umumnya dianggap *inherently safer* dengan *nonzero* PFD (*Probability Failure Demand*) pada peralatan dan proses yang berkaitan erat pada kegagalan industri. *Professional adjusment* digunakan untuk PFD pada kondisi operasi sistem yang dijalankan. Pada kasus tertentu dapat diputuskan bahwa desain yang diinginkan perusahaan memiliki kegagalan satu kali dalam seratus tahun sehingga nilainya sebesar 0,01.

Basic Process Control System (BPCS) digunakan sebagai IPL (*Independent Protection Layer*) untuk mengevaluasi efektivitas *aces control* dan sistem keamanan ketika terjadi kesalahan manusia. 3 fungsi keselamatan yang dapat digunakan menjadi IPL meliputi *continous control action*, *state controller* (*logic solver* atau *alarm trip unit* atau *control relays*). Nilai PFD rata-rata kegagalan BPCS sebesar 0,1 dimana sesuai dengan batas maksimal yang direkomendasikan IEC 61511 yang terlampir pada data *Center for Chemical Process Safety*, 2001.

Alarm merupakan level perlindungan kedua selama operasi normal yang harus diaktifkan oleh BPCS (*Basic Process Control System*) dimana juga pada hal

tertentu terdapat campur tangan dari operator di dalamnya. Nilai PFD dari respon terhadap alarm adalah 1 jika tidak terdapat penginstalan alarm sedangkan jika dipengaruhi oleh kegagalan operator adalah 0,1 dengan pekerjaan rutin dalam sekali sebulan dan pengerjaan prosedur rutin, asumsi terlatih dengan baik, tidak stress dan tidak lelah (*Center for Chemical Process Safety*. 2001).

Additional Mitigation Layer umumnya bersifat mekanikal, structural atau prosedural dimana dapat mencegah atau menjaga kemungkinan kejadian bahaya awal. Berdasarkan standart IEC, nilai PFD (*Probability Failure Demand*) meliputi *conditional modifier* seperti *probability of fatal Injury* (Ptr), *probability of personal in affected area* (Pp), dan *probability of ignition* (Pi). Nilai *probability of fatal Injury* (Ptr) dari proses operasi kontinu adalah 1, sedangkan sistem yang tidak selalu dioperasikan (bongkar muat, *batch process* dan lain-lain) disesuaikan dengan waktu saat proses dalam mode operasi bahaya dengan waktu total sehingga dapat dirumuskan dengan persamaan 3.1.

$$Ptr = \frac{\text{time at risk}}{\text{total time}} \quad (3.8)$$

Ptr hanya berlaku jika kegagalan terjadi di luar waktu operasional dan perbaikan sebelum waktu operasional. Nilai *probability of personal in affected area* (Pp) terkait dengan adanya waktu personil berada ditempat bahaya dengan waktu total sehingga dapat dirumuskan dengan persamaan 3.2.

$$Pp = \frac{\text{time present to hazard}}{\text{total time}} \quad (3.9)$$

Nilai Pp menjadi 1 ketika bahaya hanya terjadi pada *start up* dan personil selalu ada saat kondisi tersebut. Nilai *probability of ignition* (Pi) merujuk pada HSL/2015/50 dengan pendekatan dari perusahaan pada beberapa kondisi berikut:

- a. *Probabiltiy of ignition* (Pi) dari pelepasan gas/kondesat yang berjumlah kecil = 0,1
 - b. *Probability of ignition* (Pi) dari pelepasan gas/kondesat yang berjumlah besar = 0,5
 - c. *Probability of ignition* (Pi) jika terjadi pecah/ ledakan = 1
- (Lassen, 2008)

Intermediate Event Likelihood (IEL) merupakan perkalian *initiating cause likelihood* (ICL), *probability failure on demand* (PFD) dari *Independent Protection Layer* (IPL) dan *frequency conditional modifier* dimana dapat dirumuskan dengan persamaan 3.3.

$$IEL = ICL \times PFD_1 \times PFD_2 \times \dots \times PFD_n \times Pp \times Pi \times Ptr \quad (3.10)$$

3.3.2 Nilai *Safety Integrity Level* (SIL)

Nilai SIL menunjukkan kategori probabilitas kegagalan SIF (*Safety Integrity Level*) dimana memastikan *Initiating Event Likelihood* (IEL) tidak melebihi *Target Mitigated Event Likelihood* (TMEL) dengan beberapa ketentuan seperti berikut:

- Jika jumlah $IEL_t \leq TMEL$, maka pengurangan resiko tidak diperlukan karena tidak melebihi rasio $LOPA \geq 1$ dengan rumusan berikut:

$$\text{Rasio LOPA} = \frac{TMEL}{IEL_t}$$

- Jika jumlah $IEL_t > TMEL$ dan terdapat SIF, maka PFD (*Probability Failure Demand*) SIL (*Safety Integrity Level*) harus dihitung untuk menentukan SIL dari SIF
- Jika jumlah $IEL_t > TMEL$ dan tidak terdapat SIF (*Safety Instrument Function*) maka lapisan-lapisan yang ada dianggap tidak memadai untuk mitigasi resiko sehingga diperlukan rekomendasi untuk strategi *inherently safer design* atau desain ulang sistem menambahkan lapisan pelindung / SIF. SIL ditentukan berdasarkan aturan IEC 61508 dimana tingkatan yang ada diperlukan untuk pengurangan resiko (Dowell, 2010).

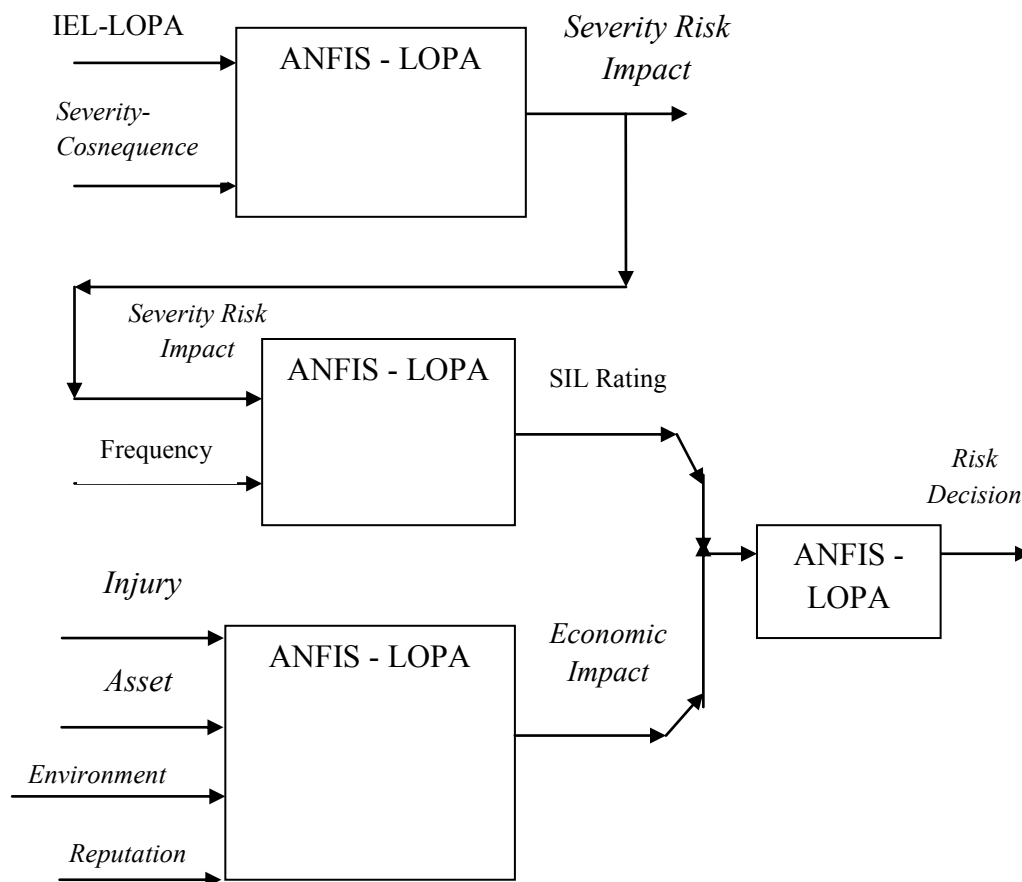
Tabel 3.1 *Integrity Level* untuk SIF

Kategori SIL	PFD SIF	RRF = (1/PFD)
NR= tidak dibutuhkan	$1 \leq PFD$	$RRF \leq 1$
SIL 0	$10^{-1} \leq PFD < 1$	$1 < RRF \leq 10$
SIL 1	$10^{-2} \leq PFD < 10^{-1}$	$10 < RRF \leq 100$
SIL 2	$10^{-3} \leq PFD < 10^{-2}$	$100 < RRF \leq 1000$
SIL 3	$10^{-4} \leq PFD < 10^{-3}$	$1000 < RRF \leq 10.000$
SIL 4	$10^{-5} \leq PFD < 10^{-4}$	$10.000 < RRF \leq 100.000$

(Sumber : ISA TR 84.00.02-2002)

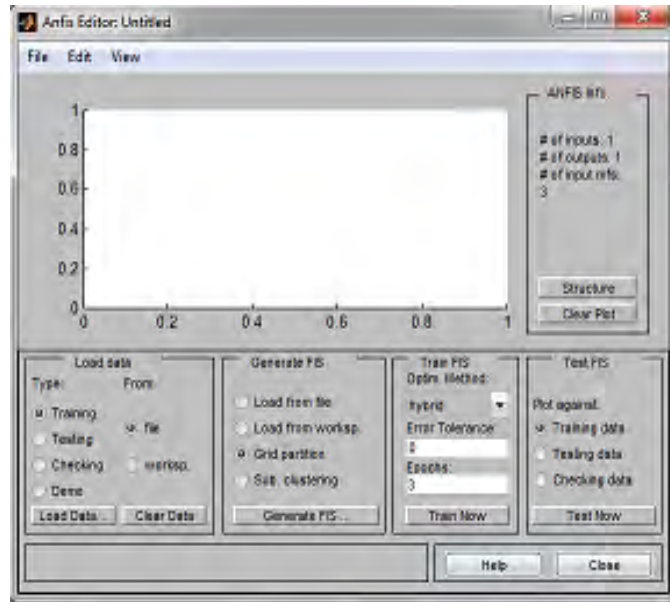
3.4 ANFIS *Layer Of Protection Analysis* (ANFIS LOPA)

Pada pengerjaan ANFIS *Layer of Protection Analysis* terdapat dua tahap pengerjaan ANFIS, yang pertama adalah membuat sistem ANFIS-LOPA untuk mengetahui tingkat keparahan (*severity rate*) dari bahaya yang ada. Tahapan kedua adalah membuat sistem ANFIS-LOPA yang digunakan untuk mengetahui besar resiko yang mungkin terjadi dari potensi bahaya yang ada dan nilai SIL (*Safety Integrity Level*). ANFIS yang digunakan berupa masukan numerik dan keluaran yang diharapkan numerik sehingga menggunakan tipe Mamdani dan Takagi Sugeno yang sesuai dengan data yang ada (Khalil, 2011). Tahap pertama ini akan digunakan untuk mengolah data pada tahap kedua dengan penambahan variabel masukan berupa aspek ekonomi, sehingga keluaran akhir dapat digunakan sebagai rekomendasi dalam pengambilan keputusan terkait dengan kebutuhan pihak manajemen. Untuk mempermudah pengerjaan ANFIS-LOPA ini dapat digambarkan dalam blok sebagai pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Blok ANFIS-LOPA (Sumber: Rouzbahman, 2004)

Perancangan dilakukan menggunakan *software*. Matlab R2009a dengan ANFIS *editor* GUI (*Graphical User Interface*) untuk mempermudah dalam pengolahan data. ANFIS *Toolbox* dapat dilihat pada Gambar 3.4

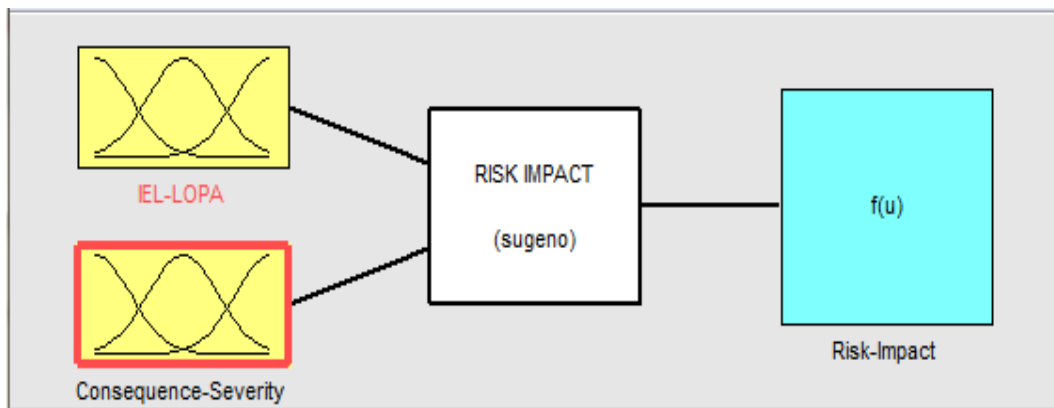


Gambar 3.4 ANFIS *Editor* GUI

Gambar 3.4 menunjukkan tampilan ANFIS *editor* GUI untuk menampilkan data masukan dan keluaran dalam bentuk grafik. Pada ANFIS editor ini terdapat fasilitas *training* data, *testing* data dan *checking* data. Pada ANFIS *toolbox* tersedia fasilitas pembangkit data secara otomatis dengan beberapa pilihan yaitu *substactive clustering*, *grid partition* dan model *Fuzzy Interface System* (FIS) yang dibuat sendiri. Fasilitas proses pada pembelajaran ANFIS dalam penelitian ini menggunakan metode *hybrid* (Ardhana,2011). Metode ini merupakan gabungan antara algoritma *backpropagation* dan *recursive least square error* (RLSE) (Ahmad, 2011). Selanjutnya adalah penentuan toleransi galat yang harus dipatuhi sistem dan jumlah iterasi dalam proses training. Untuk membandingkan data masukan dan data keluaran dapat dilakukan dengan uji (*test*) dengan plot data pada kurva. Langkah selanjutnya adalah membuat model *Fuzzy Interferensi System* (FIS) untuk model ANFIS yang akan digunakan untuk pengambilan keputusan.

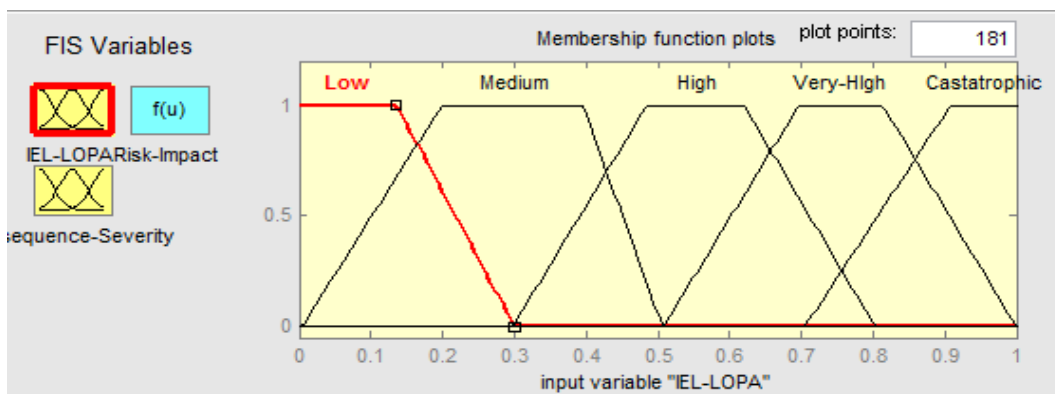
3.4.1 Perancangan *Fuzzy Interface System (FIS)* untuk *Severity Risk Impact*

Pada Gambar 3.5 memperlihatkan tahapan ini dibuat dengan 2 masukan yaitu *Initial Event Likelihood (IEL)* dan *consequence severity* dari LOPA yang memiliki frekuensi tertentu. Metode yang digunakan adalah Takagi – Sugeno dimana keluaran *Severity Risk Impact* memiliki tiga kategori yaitu *low*, *medium* dan *castatrophic*.



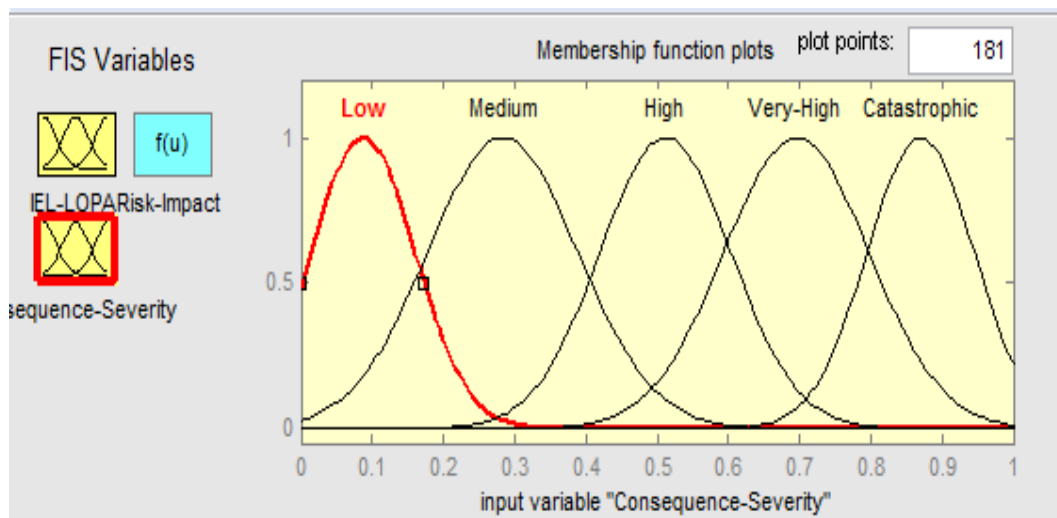
Gambar 3.5 Perancangan FIS untuk *Severity Risk Impact*

Pada fungsi keanggotaan untuk IEL (*Initial Event Likelihood*) LOPA memiliki *range* probabilitas 0 dan 1. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi kegagalan dalam 1 tahun dapat dibagi menjadi 5 kategori yang digunakan disesuaikan dengan kondisi yang ada berupa trapesium agar diperoleh hasil yang memiliki akurasi tinggi. Gambar 3.6 menampilkan fungsi keanggotaan untuk IEL LOPA.



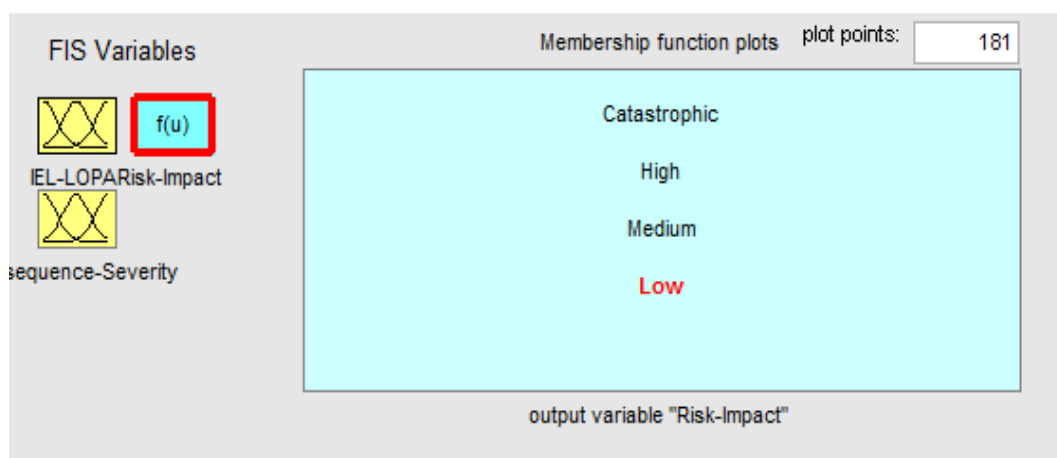
Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Masukan Sistem (IEL LOPA)

Untuk masukan *consequence severity* dibangun dengan menggunakan model gaussian dengan 5 kategori yaitu *Low*, *Medium*, *High*, *Veri High* dan *Castatrophic* (First, 2010). Namun selain merujuk pada penelitian sebelumnya juga dilakukan pengembangan agar sesuai dengan risk matrix yang dimiliki perusahaan dalam melakukan identifikasi resiko. Gambar 3.7 adalah fungsi keanggotaan untuk masukan *consequence severity*.



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Masukan Sistem (*Consequency Severity*)

Gambar 3.8 memperlihatkan keluaran sistem yaitu berupa *severity Risk Impact* yang memiliki fungsi keanggotaan dalam 4 kategori yang disesuaikan dengan *risk matrix* perusahaan yaitu *Low*, *Medium*, *High* dan *Castatrophic*.



Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Keluaran Sistem (*Severity Risk Impact*)

Perancangan sistem *fuzzy* untuk *severity Risk Impact* dibangun dengan menggunakan *rule base* yang didasarkan pada data perusahaan. Tabel 3.2 menunjukkan *rule base* untuk keluaran ANFIS *severity risk impact*.

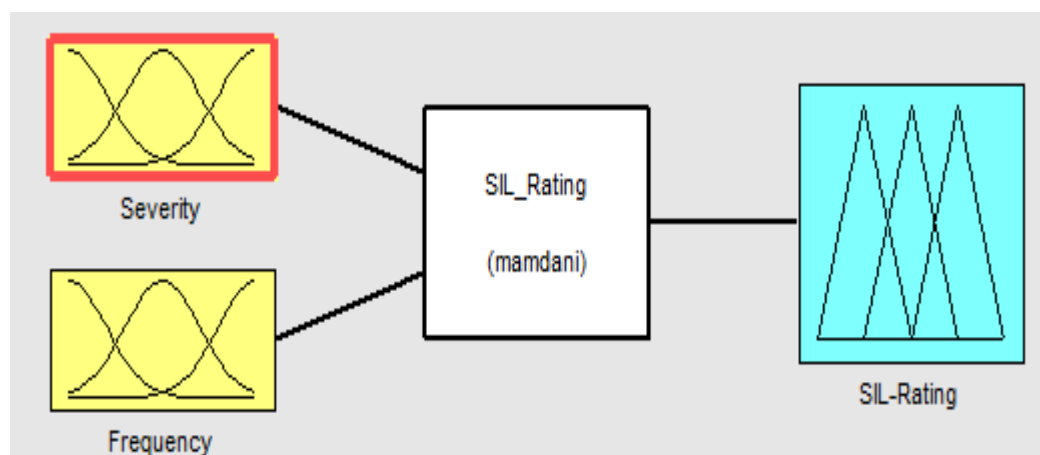
Tabel 3.2 *Rule base* untuk *Severity Risk Impact*

IEL-LOPA	Consequence Severity (Tingkat Keparahan Konsekuensi)				
	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>	<i>Very High</i>	<i>Castatrophic</i>
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>
<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>	<i>High</i>
<i>Very High</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Castatrophic</i>
<i>Castatrophic</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Castatrophic</i>	<i>Castatrophic</i>

Sumber: Akkoc, 2012

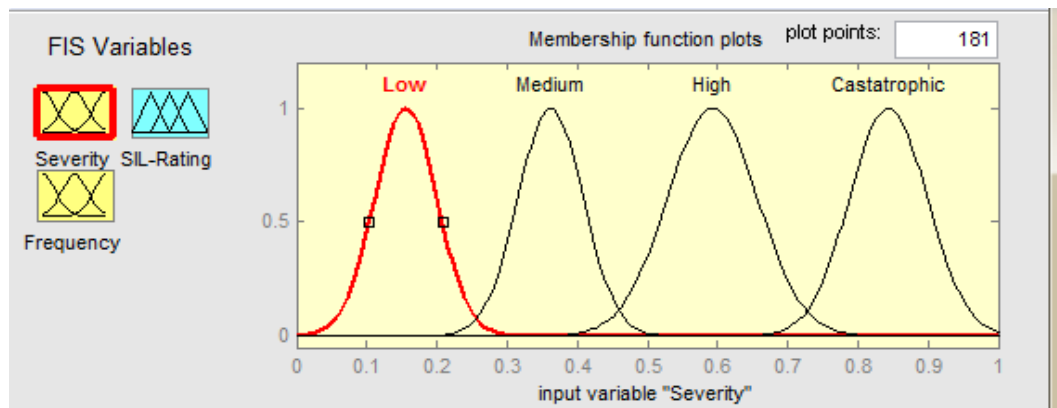
3.4.2 Perancangan *Fuzzy Interface System (FIS)* untuk *SIL Rating*

Pada Gambar 3.9 memperlihatkan perancangan FIS untuk keluaran *SIL Rating* dibangun dengan 2 masukan yaitu berupa frekuensi kejadian dan *severity* yang ditinjau dari keluaran sistem *fuzzy* pada keluaran risk impact. Sistem ini dibangun untuk memvalidasi nilai *SIL* yang telah dibuat dengan menggunakan LOPA konvensional. Keluaran dari sistem adalah *SIL rating* dengan fungsi keanggotaan yaitu 1,2,3,4 dan NR.



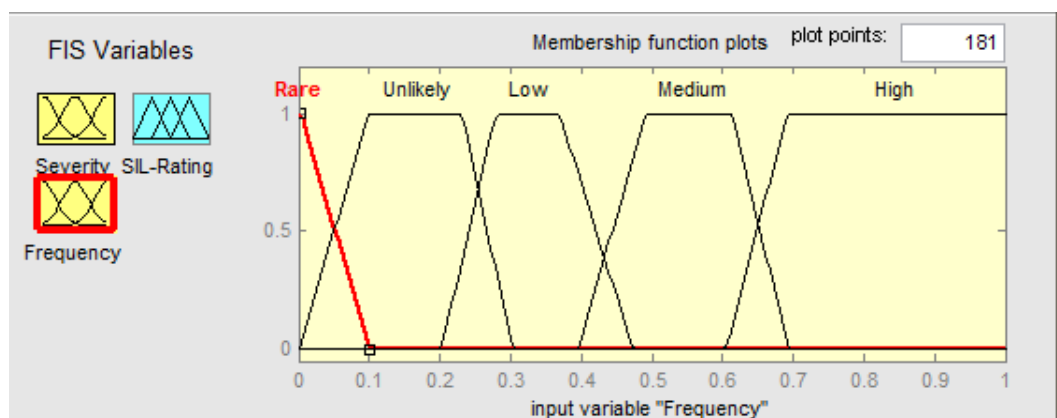
Gambar 3.9 Perancangan FIS untuk *SIL Rating*

Fungsi keanggotaan untuk memasukan *severity* dibagi menjadi 4 kategori yaitu *Low*, *Medium*, *High* dan *Castatrophic* seperti Gambar 3.10. Hal ini didasarkan pada hasil dari keluaran sistem untuk *severity* dengan menyesuaikan data yang ada di perusahaan. Berikut ini akan ditampilkan fungsi keanggotaan dari masukan berupa *severity* dengan *range* 0 sampai 1.

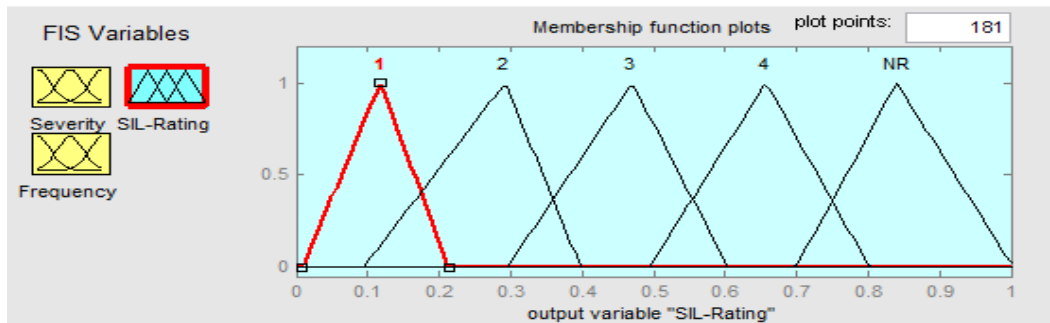


Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Masukan Sistem (*Severity*)

Sedangkan untuk masukan frekuensi dibagi ke dalam 5 kategori yaitu *Rare*, *Unlikly*, *Low*, *Medium*, dan *High* seperti pada Gambar 3.11. Fungsi keanggotaan dari frekuensi ini disesuaikan dengan kondisi agar sesuai dengan keluaran yang diharapkan sehingga memiliki akurasi yang tinggi. *Range* yang digunakan adalah 0 sampai 10 dimana menyatakan probabilitas frekuensi kejadian. Gambar 3.12 memperlihatkan keluaran dari *SIL rating* berupa 1, 2, 3, 4 dan NR (No Risk).



Gambar 3.11 Fungsi Keanggotaan Masukan Sistem (*Frequency*)



Gambar 3.12 Fungsi Keanggotaan Keluaran Sistem (SIL Rating)

Pada Sistem ini dibuat berdasarkan *rule base* dari pakar dimana dapat digunakan di perusahaan untuk pengambilan keputusan agar keluaran seperti dengan yang diharapkan. Tabel 3.3 merupakan *rule base* untuk sistem dengan keluaran SIL Rating.

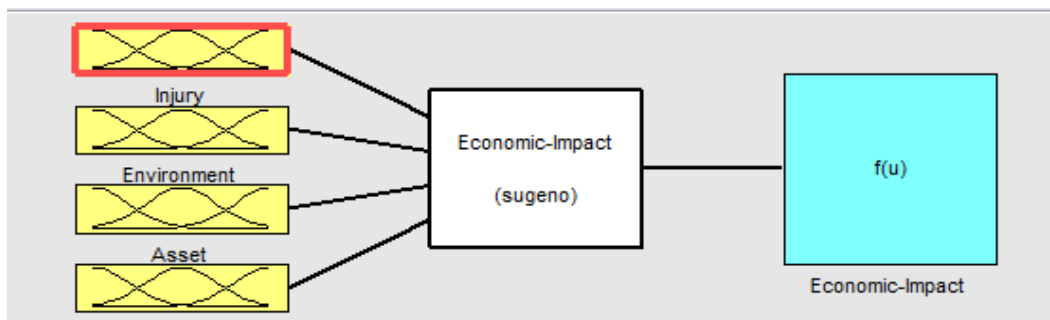
Tabel 3.3 Rule base untuk SIL Rating

Severity	Frequency				
	Rare	Unlikely	Low	Medium	High
Low	1	1	2	3	3
Medium	1	1	3	4	NR
High	1	2	3	4	NR
Castatrophic	1	2	3	4	NR

Sumber: Akkoc, 2012

3.4.3 Perancangan Fuzzy Interface System (FIS) untuk Economic Impact

Tahapan perancangan ini dibangun dengan 4 masukan meliputi dampak manusia (*Injury*), dampak lingkungan (*environment*), dampak aset (*asset*) dan dampak reputasi (*reputation*) dengan keluaran berupa *economic impact* seperti Gambar 3.13



Gambar 3.13 Perancangan FIS untuk Economic Impact

Fungsi keanggotaan untuk masukan meliputi *Injury*, *environment*, *asset* dan *reputation* dibagi kedalam tiga kategori yaitu *Low*, *Medium* dan *High*. Hal ini disesuaikan dengan kondisi fisik yang ada dan hasil wawancara dengan pihak perusahaan. Berikut akan dijelaskan fungsi keanggotaan dari masing-masing masukan sistem:

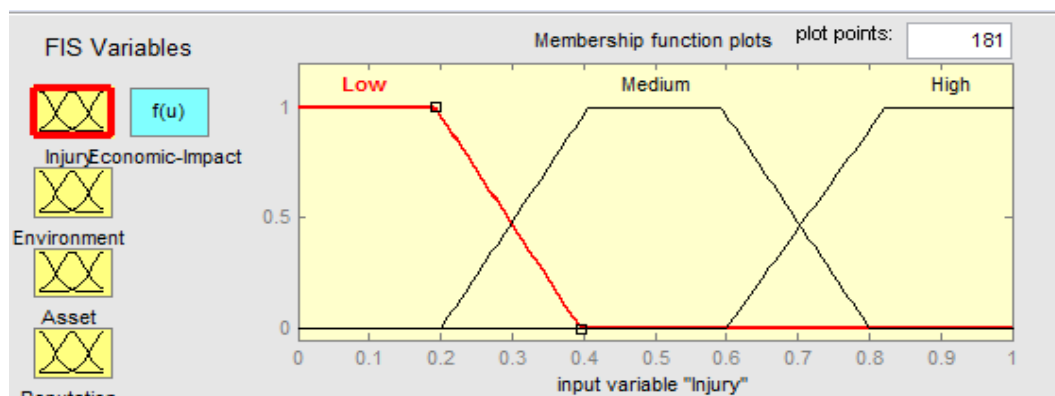
a.. Fungsi Kenggotaan Dampak Manusia (*Injury*)

Pada Gambar 3.14 memperlihatkan fungsi keanggotaan untuk dampak terhadap manusia (*Injury*) dibagi kedalam 3 kelompok yaitu *Low*, *Medium* dan *High* dengan *range* 0 sampai 5. Hal ini didasarkan pada data perusahaan dengan penjelasan seperti Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Penjelasan Fungsi Keanggotaan terhadap Dampak Manusia (*Injury*)

Kategori	Keterangan
<i>Low</i>	Tanpa Cidera
	Cidera Ringan Tanpa Menghilangkan Hari Kerja
<i>Medium</i>	Cidera Sedang dengan perawatan medis
	Menyebabkan Hari Kerja Hilang
	Maksimum Hari Kerja Hilang 7 Hari
<i>High</i>	Cidera Berat
	Fatal
	Menyebabkan Hari Kerja Hilang Lebih Dari 7 Hari
	Menimbulkan 1 atau Lebih Korban Meninggal

Sumber : CCR Tuban III



Gambar 3.14 Fungsi Keanggotaan Masukan Sistem (*Injury*)

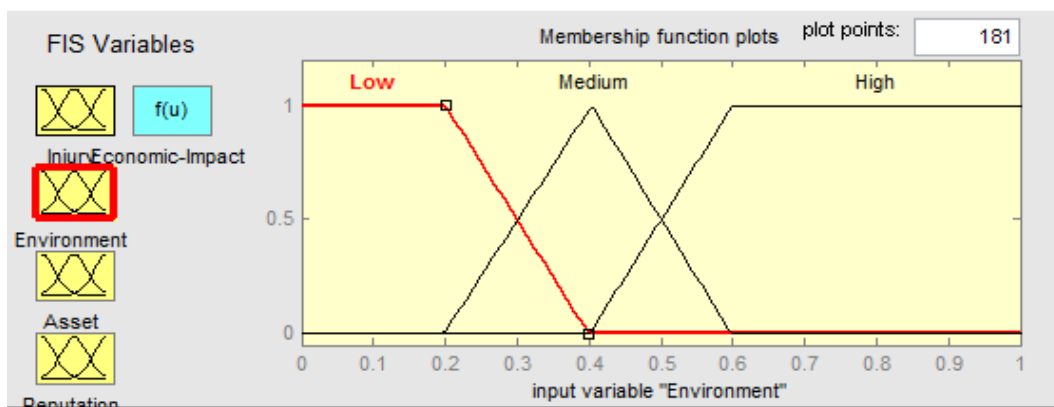
b. Fungsi Keanggotaan Dampak Lingkungan (*Environment*)

Pada Gambar 3.15 memperlihatkan fungsi keanggotaan untuk dampak lingkungan (*Environment*) dibagi dalam 3 kategori *Low*, *Medium* dan *High* dengan *range* 0 sampai dengan 5. Tabel 3.5 merupakan penjelasan untuk fungsi keanggotaan untuk dampak lingkungan.

Tabel 3.5 Penjelasan Fungsi Keanggotaan terhadap Dampak Lingkungan (*Environment*)

Kategori	Keterangan
<i>Low</i>	Tidak ada dampak terhadap lingkungan
	Ada dampak terhadap lingkungan namun sangat kecil sehinggadapat diabaikan atau hanya berdampak pada lingkungan unit kerja
<i>Medium</i>	Dapat menimbulkan kerusakan pada wilayah setempat dan pencemaran terhadap lingkungan perusahaan
<i>High</i>	Dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (melebihi baku mutu lingkungan)
	Berdampak dalam jangka panjang atau bahkan bersifat permanen
	Dapat menimbulkan dampak langsung terhadap masyarakat sekitar pabrik bahkan masyarakat luas jauh dari kawasan pabrik

Sumber : CCR Tuban III



Gambar 3.15 Fungsi Keanggotaan Masukan Sistem (*Environment*)

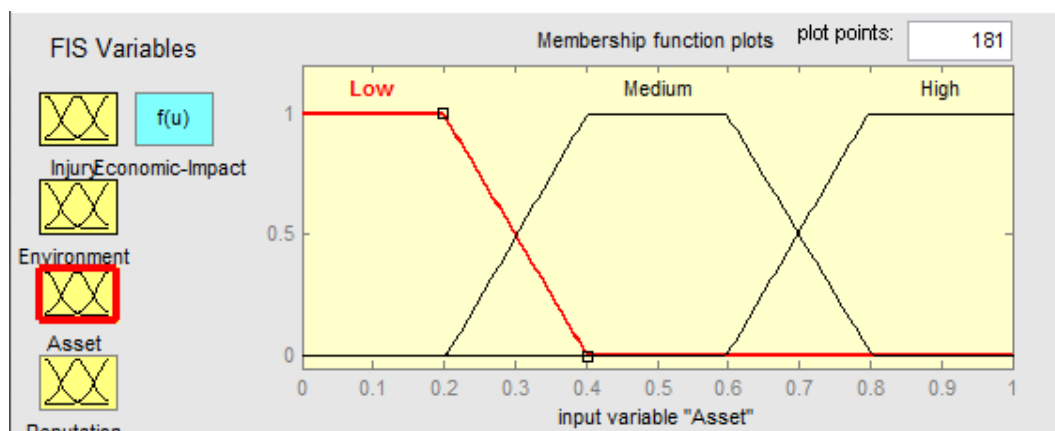
c. Fungsi Keanggotaan Dampak Aset (*Asset*)

Pada Gambar 3.16 memperlihatkan fungsi keanggotaan untuk dampak terhadap *asset* yang dimiliki perusahaan dibagi dalam 3 kategori : *Low*, *Medium* dan *High* dengan *range* 0 sampai 5. Penjelasan ini terlihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Penjelasan Fungsi Keanggotaan terhadap Dampak Aset Perusahaan (*Asset*)

Kategori	Keterangan
<i>Low</i>	Tidak ada kerusakan
	Kerusakan kecil tanpa gangguan operasi
	Biaya perbaikan Rp.100 juta-Rp.1 Milyar
<i>Medium</i>	Dapat menimbulkan gangguan operasi ringan sampai cukup besar
	Rp.1 Milyar < Biaya perbaikan ≤ Rp.10 Milyar
<i>High</i>	Dapat menimbulkan gangguan operasi cukup besar
	Operasi dapat berhenti
	Biaya perbaikan > Rp10 Milyar

Sumber : CCR Tuban III



Gambar 3.16 Fungsi Keanggotaan Masukan Sistem (*Asset*)

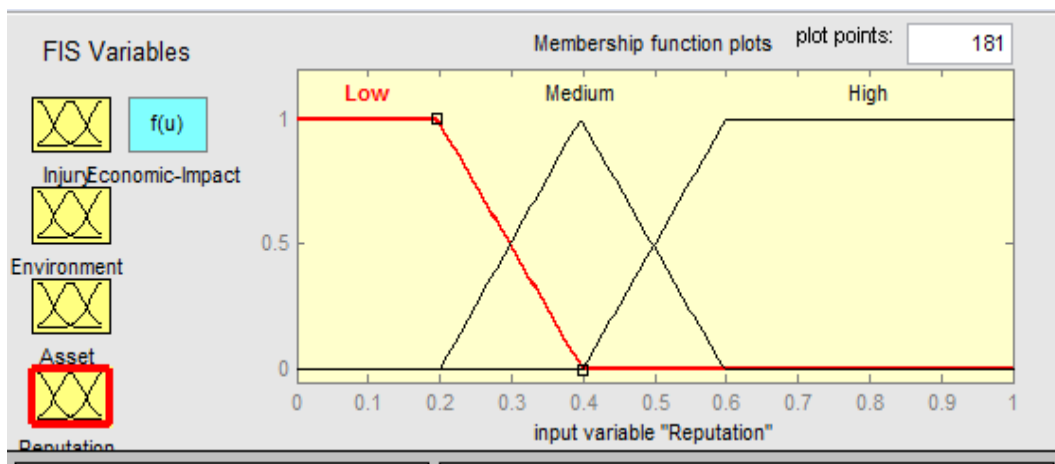
d. Fungsi Keanggotaan Dampak Reputasi (*Reputation*)

Pada Gambar 3.17 memperlihatkan fungsi keanggotaan untuk dampak reputasi (*Reputation*) dibagi dalam 3 kategori *Low*, *Medium* dan *High* dengan range 0 sampai 5. Tabel 3.7 merupakan penjelasan untuk fungsi keanggotaan untuk dampak reputasi.

Tabel 3.7 Penjelasan Fungsi Keanggotaan terhadap Dampak Reputasi Perusahaan (*Reputation*)

Kategori	Keterangan
<i>Low</i>	Tidak ada dampak
	Dampak kecil (tidak menjadi perhatian masyarakat) sehingga dapat diabaikan
<i>Medium</i>	Dampak kecil (namun menjadi perhatian masyarakat sekitar kawasan pabrik)
<i>High</i>	Menjadi perhatian media massa setempat dan nasional
	Menjadi perhatian luas di berbagai pihak di daerah perusahaan
	Menimbulkan aksi-aksi (demo) nasional
	Peninjauan ulang atau pencabutan ijin operasi
	Mengganggu kebijakan pemerintah

Sumber : CCR Tuban III



Gambar 3.17 Fungsi Keanggotaan Masukan Sistem (*Reputatin*)

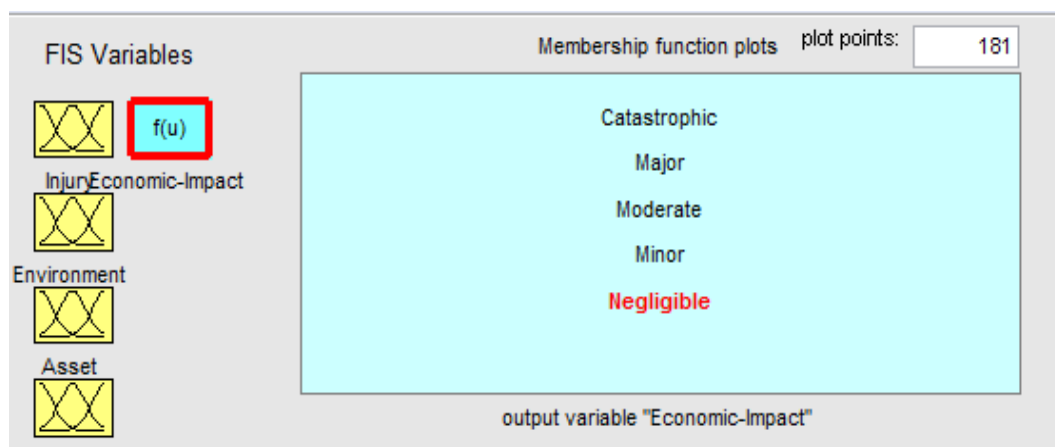
Selanjutnya adalah membuat fungsi keanggotaan untuk keluaran sistem yaitu *economic impact*. Keluaran yang dihasilkan berupa *economic impact* yang dibagi dalam 4 kategori yaitu *Negligible*, *Minor*, *Moderate*, *Major*, dan *Castatrophic*. Hal ini didasarkan pada data yang diambil dari perusahaan dan wawancara dengan pihak yang berkaitan dengan hal tersebut. Penjelasan untuk masing-masing kategori dapat ditunjukkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Penjelasan Fungsi Keanggotaan untuk Keluaran Sistem berupa *Economic Impact*

Kategori	Keterangan
<i>Negligible</i>	Kerugian < Rp. 100 juta
<i>Minor</i>	Rp. 100 juta \leq Kerugian < Rp. 1 Milyar
<i>Moderate</i>	Rp. 1 Milyar \leq Kerugian < Rp. 10 Milyar
<i>Major</i>	Rp. 10 Milyar \leq Kerugian < Rp. 25 Milyar
<i>Castrophic</i>	Kerugian > Rp. 25 Milyar

Sumber : CCR Tuban III

Berdasarkan keterangan pada Tabel 3.8 dapat dibuat dengan menggunakan *fuzzy* model Sugeno untuk fungsi keanggotaan keluaran sistem yaitu *economic impact*. Hal tersebut sudah disesuaikan dengan data yang diperoleh dari perusahaan. Gambar 3.18 menunjukkan fungsi keanggotaan dari keluaran sistem.



Gambar 3.18 Fungsi Keanggotaan Keluaran Sistem (*Economic Impact*)

Tabel 3.9 *Rule base* untuk Sistem dengan Keluaran *Economic Impact*

<i>Injury</i>	<i>Environment</i>	<i>Asset</i>	<i>Reputation</i>		
			<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Negligible</i>	<i>Minor</i>	<i>Major</i>
		<i>Medium</i>	<i>Negligible</i>	<i>Minor</i>	<i>Major</i>
		<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Minor</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>
		<i>Medium</i>	<i>Moderate</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>
		<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
		<i>Medium</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
		<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Castatrophic</i>
<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Minor</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>
		<i>Medium</i>	<i>Minor</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>
		<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Moderate</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>
		<i>Medium</i>	<i>Major</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>
		<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
		<i>Medium</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
		<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Castatrophic</i>
<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
		<i>Medium</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
		<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Castatrophic</i>
	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
		<i>Medium</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>
		<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Castatrophic</i>
	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Major</i>	<i>Major</i>	<i>Castatrophic</i>
		<i>Medium</i>	<i>Major</i>	<i>Castatrophic</i>	<i>Castatrophic</i>
		<i>High</i>	<i>Castatrophic</i>	<i>Castatrophic</i>	<i>Castatrophic</i>

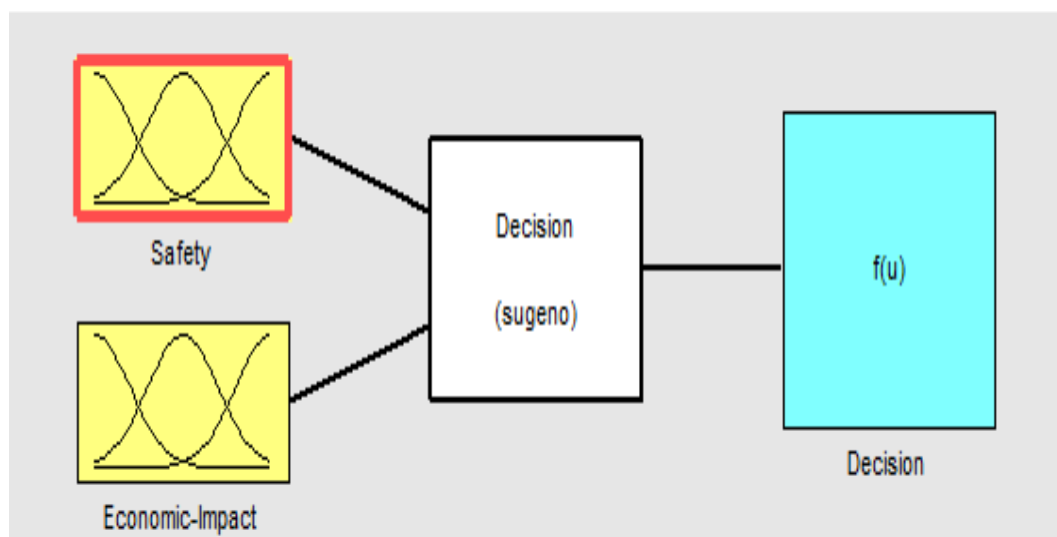
Sumber: Akkoc, 2012

Penilaian dampak secara ekonomi ini dilakukan secara *independent* dimana tidak tergantung oleh keluaran dari sistem lainnya. Masukan berupa *consequence* dari segi *Injury*, *environment*, *asset*, dan *reputation* sehingga didapatkan *rule base* yang disesuaikan dengan data perusahaan. Untuk sistem ini terdapat 81 *rule base* yang dimasukkan pada sistem dengan keluaran *economic impact*. Tabel 3.9 menjelaskan *rule base* untuk sistem dengan keluaran *economic impact* terhadap perusahaan.

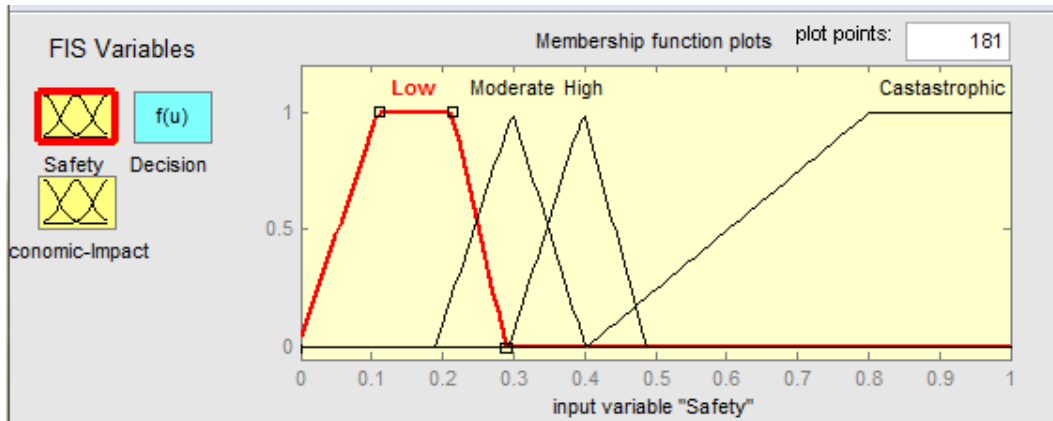
3.4.4 Perancangan *Fuzzy Interface System (FIS)* untuk *Decision*

Pada tahapan ini dibangun untuk digunakan sebagai analisa *safety* apabila dikaitkan dengan dampak ekonomi sehingga didapatkan hasil sebagai keputusan yang akan diambil perusahaan. Gambar 3.19 memperlihatkan masukan dari sistem ini adalah *safety* dan *economic effect* dengan keluaran berupa *decision*.

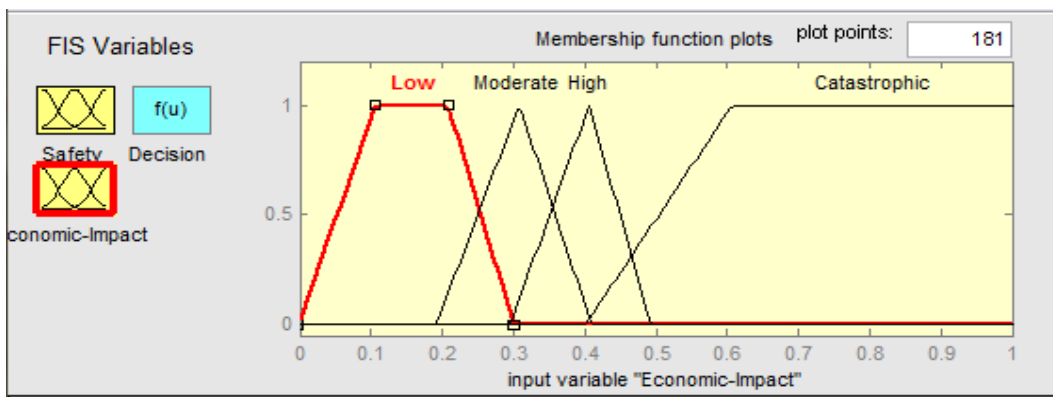
Fungsi keanggotaan dari *safety* dan *economic effect* dibuat dalam 4 kategori yaitu *Low*, *Moderate*, *High*, dan *Catastrophic*. Gambar 3.20 dan Gambar 3.21 memperlihatkan fungsi keanggotaan dari *safety* dan *economic effect* yang telah disesuaikan dengan data hasil keluaran sistem dari keluaran *safety* berupa SIL dengan keluaran dari *economic impact*.



Gambar 3.19 Perancangan *Fuzzy Interface System (FIS)* untuk *Decision*

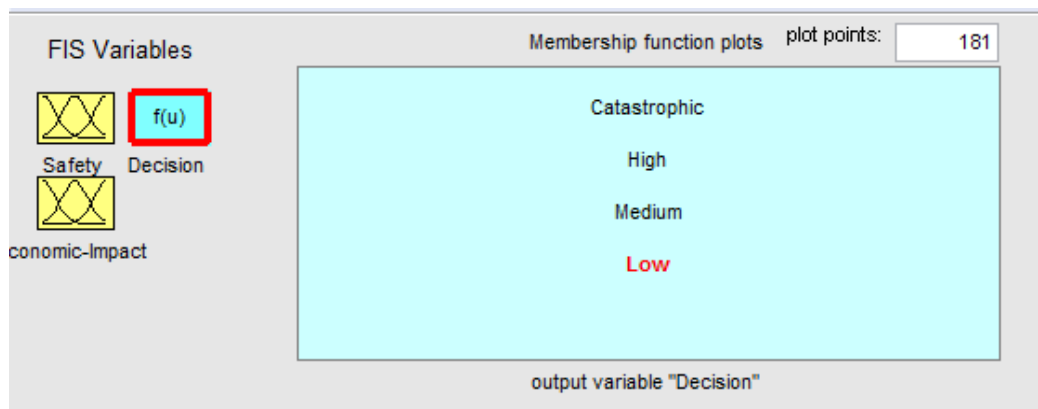


Gambar 3.20 Fungsi Keanggoaan untuk Masukan *Safety*



Gambar 3.21 Fungsi Keanggoaan untuk Masukan *Economic Impact*

Selanjutnya untuk keluaran sistem berupa *decision* dibagi kedalam 4 kategori yaitu *Low*, *Medium*, *High* dan *Castatrophic* seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22 Fungsi Keanggoaan untuk Keluaran *Decision*

Tahapan selanjutnya adalah membuat *rule base*. Sistem ini dibuat berbasis *rule base* sesuai dengan pakar yang digunakan dalam pengambilan keputusan. Dalam pembuatan *rule base* memperhatikan *Risk Impact* yang digunakan sebagai sistem pengambilan keputusan untuk memperoleh keluaran dengan tingkat akurasi tinggi. Pada sistem ini terdapat 16 *rule base* yang ditunjukkan pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 *Rule base* untuk Keluaran *Decision*

<i>Safety</i>	<i>Economic Impact</i>			
	<i>Low</i>	<i>Moderate</i>	<i>High</i>	<i>Castatrophic</i>
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Moderate</i>	<i>High</i>	<i>Castatrophic</i>
<i>Medium</i>	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>	<i>Castatrophic</i>
<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Castatrophic</i>
<i>Castatrophic</i>	<i>Castatrophic</i>	<i>Castatrophic</i>	<i>Castatrophic</i>	<i>Castatrophic</i>

Sumber: Akkoc, 2012

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dijelaskan hasil studi HAZOP berbasis ANFIS *Layer Of Protection Analysis* pada *Rotary Kiln* PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban

4.1 Data-data yang diperoleh

4.1.1 Data Kegagalan Komponen

Data kegagalan komponen diperoleh dari tahun 2010 – 2014. Tabel 4.1 adalah data kegagalan komponen dari tahun 2010 – 2014 di area PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban III.

Tabel 4.1 Data kegagalan komponen

Kegagalan Komponen	Durasi (Jam)	Frekuensi
Kebocoran pada <i>inlet gas analyser</i> O ₂	1,23	1
Kebocoran pada <i>inlet gas analyser</i> CO	0,91	1
<i>Rotary feeder</i> macet	8,37	5
Motor Kiln <i>drive</i> macet	1,21	1
Sensor temperatur gagal bekerja	0,67	1
<i>Air slide fan</i> gagal, temperatur tinggi pada Kiln 20 -30 meter	0,81	1
<i>Big filter fan not ready</i> , temperatur tinggi pada Kiln 30 -40 meter	3,21	1
Kegagalan sirkulasi udara & sensor temperatur , temperatur tinggi pada Kiln 40 – 50 meter	6,75	3
Kegagalan Sensor <i>pressure</i>	0,83	1

4.1.2 Data Proses di *Rotary* Kiln Pabrik Tuban III

Data proses di *Rotary* Kiln Pabrik Tuban III diambil dari bulan Agustus – Oktober 2015. Data-datanya ditampilkan di lampiran A.

4.2 Hasil Penelitian

4.2.1 Pemodelan HAZOPS

Identifikasi awal dilakukan dengan menggunakan investigasi secara terstruktur pada potensi deviasi operasi dari kondisi desain yang dapat menimbulkan bahaya dan permasalahan operasi proses. Identifikasi ini biasanya dikenal dengan HAZOP. Adapun penentuan *node* meliputi empat bagian yaitu *node* 1 (proses di zona kalsinasi), *node* 2 (proses di zona transisi), *node* 3 (proses di zona pembakaran) dan *node* 4 (proses di zona pendinginan). Hal ini disesuaikan dengan kondisi real proses yang terdapat pada *Rotary* Kiln di PT Semen Indonesia Pabrik Tuban III.

4.2.1.1 Perhitungan *likelihood*

Untuk mendapatkan nilai *likelihood* digunakan data kegagalan komponen di *rotary* Kiln selama waktu 2010-2014 (5 tahun). Sistem *rotary* Kiln beroperasi selama 24 jam. *Likelihood* ditentukan melalui (Meker, 1999).

$$Likelihood = \frac{(5 \times 365 \text{ days} \times 24 \text{ hours})}{MTTF} = \frac{43800 \text{ hours}}{MTTF}$$

$$MTTF \text{ (Mean Time To Failure) } = \frac{1}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{\text{total failures}}{\text{total hours}}$$

Untuk *likelihood node* 1, *node* 2, *node* 3 dan *node* 4 dapat dilihat Tabel 4.2 – Tabel 4.5.

Tabel 4.2 nilai *likelihood* pada *node* 1

<i>Measurement Point</i>	Durasi kegagalan	Frekuensi kegagalan	MTTF	<i>Likelihood</i>
<i>Analyser gas O₂</i>	1,23	1	1,23	35609,76
<i>Analyser gas CO</i>	0,91	1	0,91	48131,87

Tabel 4.3 nilai *likelihood* pada *node 2*

<i>Measurement Point</i>	Durasi kegagalan	Frekuensi kegagalan	MTTF	<i>Likelihood</i>
<i>Rotary feed speeder</i>	8,37	5	1,674	26164,88
Kiln drive motor	1,21	1	1,21	36198,35

Tabel 4.4 nilai *likelihood* pada *node 3*

<i>Measurement Point</i>	Durasi kegagalan	Frekuensi kegagalan	MTTF	<i>Likelihood</i>
Sensor temperaturatur	0,67	1	0,67	65373,13
<i>Air slide fan</i>	0,81	1	0,81	54074,26

Tabel 4.5 nilai *likelihood* pada *node 4*

<i>Measurement Point</i>	Durasi kegagalan	Frekuensi kegagalan	MTTF	<i>Likelihood</i>
<i>Big filter fan</i>	3,21	1	3,21	13644,85
Sensor temperatur	6,75	3	2,25	19466,66
Kegagalan Sensor <i>pressure</i>	0,83	1	0,83	52771,08

Berdasarkan *Risk Matrik* dari perusahaan maka kriteria *likelihood*, nilai *consequence* dan nilai resiko dari masing-masing *node* ditunjukkan oleh Tabel 4.6 - Tabel 4.9.

Tabel 4.6 Kriteria *likelihood*, *consequence* dan resiko pada *node 1*

<i>Measurement Point</i>	<i>Likelihood</i>	<i>Consequency</i>	Risiko
<i>Analyser gas O₂</i>	3 (<i>Medium</i>)	3 (<i>Medium</i>)	<i>Medium</i>
<i>Analyser gas CO</i>	3 (<i>Medium</i>)	3 (<i>Medium</i>)	<i>Medium</i>

Tabel 4.7 Kriteria *likelihood* , *consequence* dan resiko pada *node 2*

<i>Measurement Point</i>	<i>Likelihood</i>	<i>Consequence</i>	Risiko
<i>Rotary feed speeder</i>	4 (<i>High</i>)	5 (<i>Emergency</i>)	<i>Emergency</i>
<i>Kiln drive motor</i>	3 (<i>Medium</i>)	3 (<i>Medium</i>)	<i>Medium</i>

Tabel 4.8 Kriteria *likelihood* , *consequence* dan resiko pada *node 3*

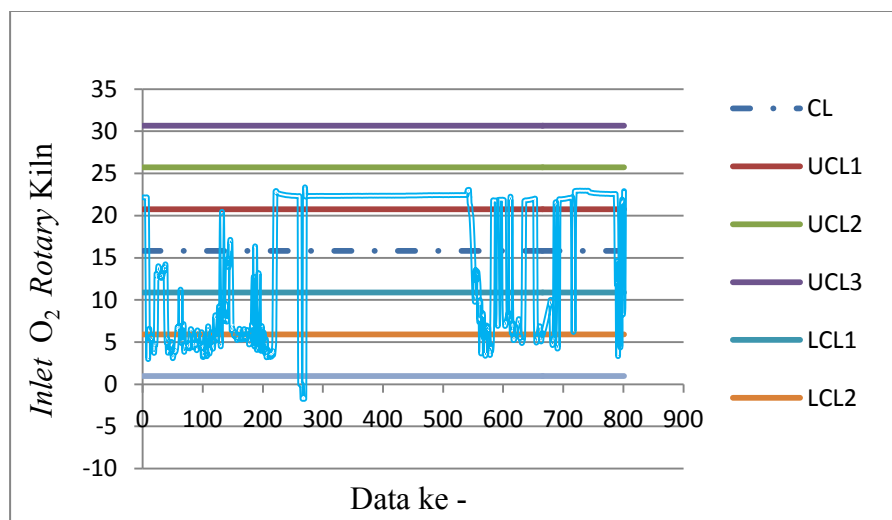
<i>Measurement Point</i>	<i>Likelihood</i>	<i>Consequence</i>	Risiko
Sensor temperaturatur	5 (<i>Emergency</i>)	4 (<i>High</i>)	<i>Emergency</i>
<i>Air slide fan</i>	5 (<i>Emergency</i>)	4 (<i>High</i>)	<i>Emergency</i>

Tabel 4.9 Kriteria *likelihood* , *consequence* dan resiko pada *node 4*

<i>Measurement Point</i>	<i>Likelihood</i>	<i>Consequence</i>	Risiko
Sensor temperatur	5 (<i>Emergency</i>)	4 (<i>High</i>)	<i>Emergency</i>
<i>Big filter fan</i>	4 (<i>High</i>)	3 (<i>Medium</i>)	<i>High</i>
Sensor Pressure	5 (<i>Emergency</i>)	4 (<i>High</i>)	<i>Emergency</i>

4.2.1.2 Penentuan *guideword*

Untuk mendapatkan HAZOP *Worksheet* dibutuhkan *control chart* dari parameter proses di *rotary Kiln*. Gambar 4.1 merupakan *control chart* dari parameter proses *inlet O₂ Rotary Kiln*.



Gambar 4.1 *Control chart Inlet O₂ Rotary Kiln*

Gambar 4.1 merupakan *control chart inlet O₂ Rotary Kiln*. Dari Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa komponen *inlet O₂ Rotary Kiln* cenderung menunjukkan nilai yang tidak stabil dan di bawah garis batas kontrol (*control line*) sehingga *guide word* yang dipakai adalah *low* dengan parameter proses berupa *flow*. Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 merupakan *guide words* dan parameter proses yang digunakan di *Rotary Kiln* PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban III.

Tabel 4.10 *Guide Words* HAZOP di *Rotary Kiln* PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban III

<i>Guide Word</i>	<i>Meaning</i>
<i>Less</i>	<i>Quantitative Decrease</i>
<i>More</i>	<i>Quantitative Decrease</i>

Tabel 4.11 Parameter Proses Analisa HAZOP di *Rotary Kiln* PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban III

<i>Flow</i>	<i>Level</i>	<i>Temperature</i>
<i>Pressure</i>	<i>Vibrasi</i>	<i>Speed</i>

Berdasarkan Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 yang telah diketahui beberapa *guide words* dan parameter proses sehingga *Worksheet* HAZOP seperti Tabel 4.12.

Node : 1,2,3,4
Project Facility : *Rotary Kiln* PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban 3
Section of facility (Node 1) : zona kalsinasi
Section of facility (Node 2) : zona transisi
Section of facility (Node 3) : zona pembakaran
Section of facility (Node 4) : zona pendinginan
Discript Intent : Proses *Raw Material* di *rotary Kiln*

Tabel 4.12 *Worksheet HAZOP*

Measureme nt Point	Deviation	Couse	Possible consequence	Risk matrix			Existing safeguard	Recomendation
				S	L	R R		
A01A01 (Alarm indikator analyser low)	<i>Less flow</i>	Kebocoran pada inlet gas analyser O ₂	Kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai standar	3	3	M	<i>Limit switch</i>	<i>Maintenance O₂ analyser</i>
A01A02 (Alarm indikator analyser High)	<i>More flow</i>	Kebocoran pada inlet gas analyser CO	Kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai standar	3	3	M	<i>limit switch</i>	<i>Maintenance CO analyser</i>
353RF5SC216 (ROTARY FEEDER SPEED)	<i>Less speed</i>	<i>Rotary feeder macet</i>	<i>Rotary Kiln tidak berputar sehingga produk clinker tidak terbentuk sempurna</i>	4	4	E	<i>control manual</i>	<i>maintenance di rotary feeder</i>
443KL1VT502 (VIBRASI KILN DRIVE MOTOR)	<i>More vibrasi</i>	Motor Kiln drive macet	<i>Rotary Kiln tidak berputar sehingga produk clinker tidak terbentuk sempurna</i>	4	3	M	<i>alat vibrasi meter</i>	<i>check motor Kiln drive dan ganti jika tak layak pakai</i>
353CP1T01 (TEMPERATURE SWITCH)	<i>More temperature</i>	Sensor temperatur gagal bekerja	<i>Overtempearture berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan clinker</i>	5	4	E	<i>Control termal</i>	<i>Maintenance di rol tyre 2, ganti sensor temperature jika tak layak pakai</i>
413FN4M01C (AIR SLIDE FAN)	<i>More temperature</i>	<i>Air slide fan gagal, temperatur tinggi pada Kiln 20-30 meter</i>	<i>Overtempearture berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan clinker</i>	5	4	E	<i>Control termal</i>	<i>Maintenance di FN4(Air slide fan)</i>
413FN1M01 (Big filter fan)	<i>More temperature</i>	<i>Big filter fan not ready, temperatur tinggi pada Kiln 20-30 meter</i>	<i>Overtemperature berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan clinker</i>	5	4	E	<i>Control termal</i>	<i>Maintenance di FN1(big filter fan)</i>
413FN1M01 (Big filter fan)	<i>Less flow</i>	Kegagalan sirkulasi udara & sensor temperatur, temperatur tinggi Kiln 40-50 meter	<i>Overtemperature berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan clinker</i>	5	3	H	<i>Control termal</i>	<i>Maintenance di FN1(big filter fan)</i>
413FN1M01 (Big filter fan)	<i>More pressure</i>	Kegagalan Sensor pressure	<i>Overtemperature berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan clinker</i>	5	4	E	<i>Pressure cooler control</i>	<i>Maintenance di FN1(big filter fan)</i>

4.2.2 Pemodelan LOPA (*Layer of Protection Analysis*)

Analisis proses *hazard* yang disebut Layer of Protection Analysis (LOPA) dimulai dengan data yang dikembangkan dari studi HAZOP dan laporan untuk setiap *hazard* yang diidentifikasi dengan mendokumentasikan permulaan penyebab dan *layer* proteksi yang mencegah atau mengurangi *hazard*. Jumlah total reduksi resiko dapat ditentukan dan kebutuhan untuk pengurangan resiko lebih lanjut dianalisis. Jika tambahan pengurangan resiko diperlukan dan harus disediakan dalam bentuk *Safety Instrumented Function* (SIF), metode LOPA memperkenalkan penentuan dari kesesuaian *Safety Integrasi Level* (SIL) untuk SIF. Adapun hasil perhitungan SIL berbasis LOPA seperti berikut:

4.2.2.1 Node 1

Resiko umumnya terjadi pada *node* 1, berupa kegagalan pada *analyser* O₂ dan CO. Kegagalan komponen tersebut menyebabkan kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai / kurang berkualitas. *Initiating cause* kebocoran pada *inlet analyser* gas O₂ dan *analyser* gas CO. Dimana nilai PFD (*Probability Failure Demand*) diperoleh dari data CCPS (*Center for Chemical Process Safety*) 2001. Pada *node* 1 terdapat 2 skenario yang ditunjukkan pada Tabel 4.13, namun diberikan contoh 1 skenario untuk perhitungan LOPA secara konvensional.

1. Skenario: Kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai

Penyebab: Kebocoran pada inlet gas *analyser* O₂

Initial likelihood : 0,01(CCPS 2001)

Layer Proteksi : 1. Desain Proses :0.1 (probabilitas gagal 1x dalam 10 tahun)

2. BPCS :0,1(tidak dipengaruhi oleh BPCS)

3. Alarm : 0,1 (tidak dipengaruhi oleh kegagalan operator)

4. *Additional Mitigation* terdiri dari : (HSL/2005/50)

❖ *Probability of Fatal Injury* (Ptr) = 1 (Operasi Kontinue)

❖ *Probability of Personal in Affected Area* (Pp)

$$P_p = \frac{\text{time present to Hazard}}{\text{total time}} = \frac{1,23 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0.0205$$

❖ *Probability of ignition* = 0,1 (pelepasan gas kecil)

Perhitungan *Initial Likelihood*:

$$IEL = ICL \times PFD_1 \times PFD_2 \times \dots \times PFD_n \times P_p \times P_i \times P_{tr}$$

$$IEL = 0,01 \times 0,1 \times 0,1 \times 1 \times 0,0205 \times 0,1 \times 1$$

$$IEL = 2,05 \times 10^{-8}$$

Rasio LOPA = $\frac{TMEL}{IEL}$ dengan $TMEL = 1 \times 10^{-5}$

Rasio LOPA = $1 \times 10^{-8} / 2,05 \times 10^{-7} = 4,878$

Berdasarkan hasil LOPA diatas nilai SIL adalah NR

Tabel 4.13 Hasil Skenario LOPA untuk *node 1*

Skenario ke-	Skenario	Penyebab	SIL LOPA
1	Kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai standar	Kebocoran pada inlet gas <i>analyser</i> O ₂	NR
2	Kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai standar	Kebocoran pada inlet gas <i>analyser</i> CO	NR

4.2.2.2 Node 2

Pada *node 2* memiliki resiko berupa *less speed* pada *rotary* Kiln disebabkan oleh *rotary feeder* serta motor *Kiln drive* macet. Data PFD diperoleh dari CCPS 2001. Pada *node 2* ini terdapat 2 skenario yang ditunjukkan dalam Tabel 4.14. Untuk hitungan secara lengkap, ditampilkan di lampiran C.

Tabel 4.14 Hasil Skenario LOPA untuk *node 2*

Skenario ke-	Skenario	Penyebab	SIL LOPA
1	<i>rotary</i> Kiln tidak berputar sehingga produk <i>clinker</i> tidak terbentuk sempurna	<i>Rotary feeder</i> macet	NR
2	<i>rotary</i> Kiln tidak berputar sehingga produk <i>clinker</i> tidak terbentuk sempurna	Motor <i>Kiln drive</i> macet	SIL 0

4.2.2.3 Node 3

Pada *node 3* memiliki resiko berupa *overpressure* pada *rotary* Kiln serta *overtemperature* di *rotary* Kiln. Penyebabnya berupa kegagalan sensor temperatur dan *Air slide fan*. Sistem pada *node 3* ini memiliki SIS (*Safety Instrument System*) yang dilengkapi dengan beberapa *instrument* seperti *relay valve*, *pressure relief valve* dan *automation ignition* untuk melindungi resiko yang berpotensi terjadinya ledakan. Data PFD diperoleh dari CCPS 2001. Pada *node 3* ini terdapat 2 skenario yang ditunjukkan dalam Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Skenario LOPA untuk *node 3*

Skenario ke-	Skenario	Penyebab	SIL LOPA
1	<i>Overtemperature</i> berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan <i>clinker</i>	Sensor temperatur gagal bekerja	SIL 1
2	<i>Overtemperature</i> berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan <i>clinker</i>	<i>Air slide fan</i> gagal, temperatur tinggi Kiln 20-30 meter	SIL 0

4.2.2.4 Node 4

Resiko pada *node 4* berupa *overtemperature* dan *overpressure* pada rotary Kiln. *Impact event* pada *node 4* berupa *Big filter fan not ready* (macet), *overpressure* dan *overtemperature* pada zona pendinginan. Nilai PFD (*Probability Faillure Demand*) diperoleh dari CCPS (*Center for Chemical Process Safety*) 2001. Pada *node 4* terdapat 3 skenario yang ditunjukkan pada Tabel 4.16. Untuk perhitungan konvensional bisa dilihat di lampiran C.

Tabel 4.16 Hasil Skenario LOPA untuk *node 4*

Skenario ke-	Skenario	Penyebab	SIL LOPA
1	<i>Overtemperature</i> berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan <i>clinker</i>	<i>Big filter fan not ready</i> , temperatur Kiln 30-40 meter tinggi	SIL 0
2	<i>Overtemperature</i> berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan <i>clinker</i>	Kegagalan sirkulasi udara & sensor temperatur, temperatur Kiln 40-50 meter naik	SIL 0
3	<i>Overpressure</i> berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan <i>clinker</i>	Kegagalan Sensor <i>pressure</i>	SIL 0

Berdasarkan hasil analisa menggunakan LOPA diperoleh hasil tingkatan SIL (*Safety Integrity Level*) dengan metode konvensional seperti Tabel 4.17.

Tabek 4.17 SIL *Rating* LOPA *node* 1-4

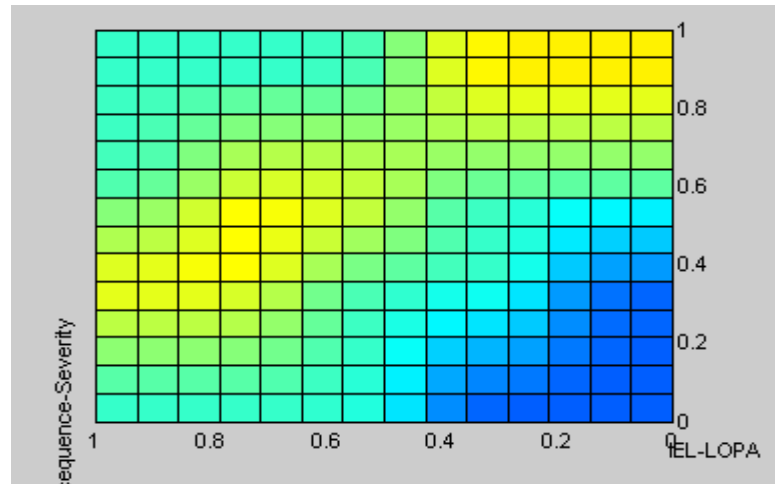
<i>NODE</i> 1 (Zona Kalsinasi)	
NR	100 %
<i>NODE</i> 2 (Zona Transisi)	
NR	50 %
SIL 0	50 %
<i>NODE</i> 3 (Zona Pembakaran)	
SIL 0	50 %
SIL 1	50 %
<i>NODE</i> 4 (Zona Pendinginan)	
SIL 0	100 %

Tabel 4.17 merupakan hasil *prosentase* nilai SIL (*Safety Integrity Level*) pada skenario LOPA (*Layer of Protection Analysis*) *node* 1 hingga *node* 4. Berdasarkan SIL *rating* yang diperoleh terlihat bahwa pada masing-masing memerlukan penambahan IPL (*Independent Protection Layer*) seperti penentuan dan penginstalan dari alarm-alarm berdasarkan prinsip ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) sehingga dapat mengurangi resiko keterlambatan dari respon operator yang harus turun lapangan untuk mengatasi bahaya tertentu.

4.2.3 Pemodelan ANFIS *Layer of Protection Analysis* (ANFIS LOPA)

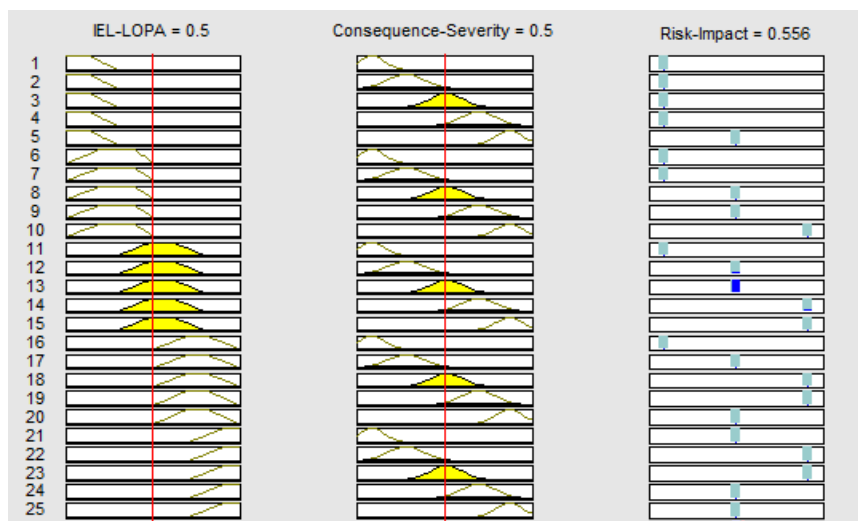
4.2.3.1 ANFIS LOPA Untuk *Severity Risk Impact*

Analisa resiko secara bertahap dilakukan berbasis sistem dengan diagram blok pada Gambar 3.3. Hasil keluaran terlihat pada *surface view* seperti Gambar 4.2.

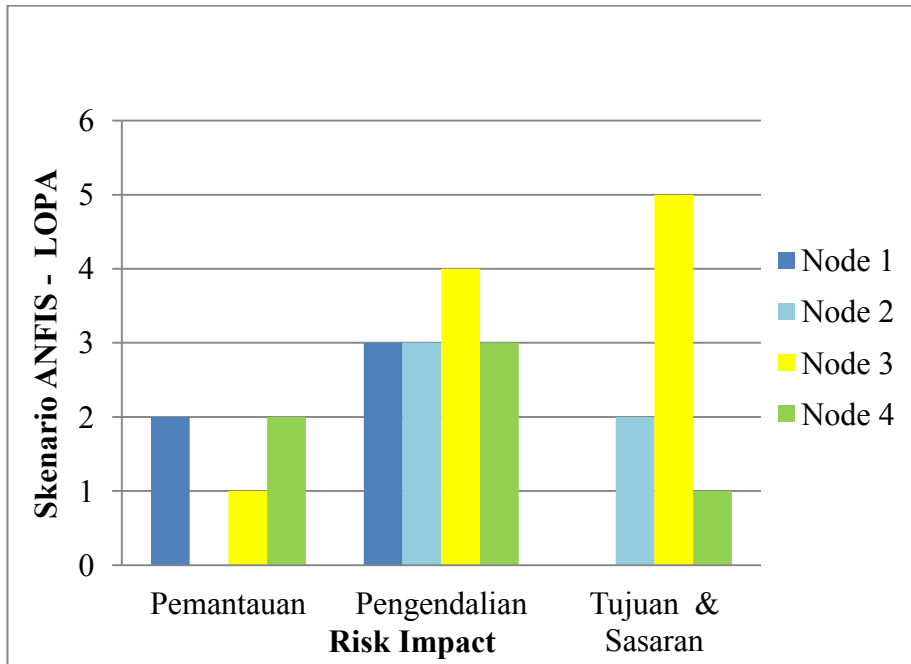


Gambar 4.2 *Surface Viewer* Untuk *Risk Impact*

Gambar 4.2 menunjukkan *surface viewer* untuk *risk impact*. Warna biru menunjukkan keluran *risk impact* berupa *level low*, warna biru muda menunjukkan *level medium*, warna hijau menunjukkan *level high* sedangkan warna kuning menunjukkan keluaran *risk impact* berupa *level catastrophic*. Keluaran dari sistem tersebut memiliki kesesuaian terhadap penilaian resiko pada perusahaan. Hal ini menunjukkan bahwa hasil penilaian resiko dengan menggunakan *software* memiliki tingkat kevalidan yang dapat digunakan untuk menentukan langkah dalam pengambilan keputusan oleh pihak manajemen perusahaan. Pada Gambar 4.3 menunjukkan *Rule Viewer Risk impact* pada skenario di *rotary Kiln*. Penilaian *risk impact* pada *node 1-4* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4.



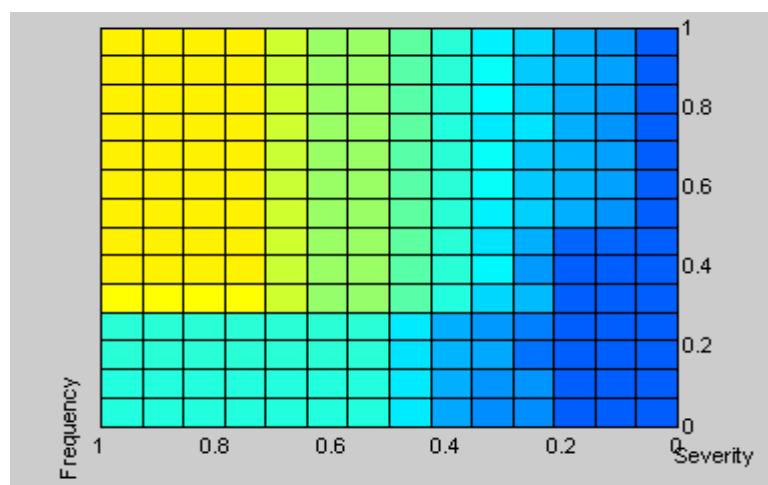
Gambar 4.3 *Rule Viewer Risk impact*



Gambar 4.4 *Risk impact* dengan ANFIS – LOPA untuk *node* 1 hingga 4

4.2.3.2 ANFIS LOPA Untuk SIL *Rating*

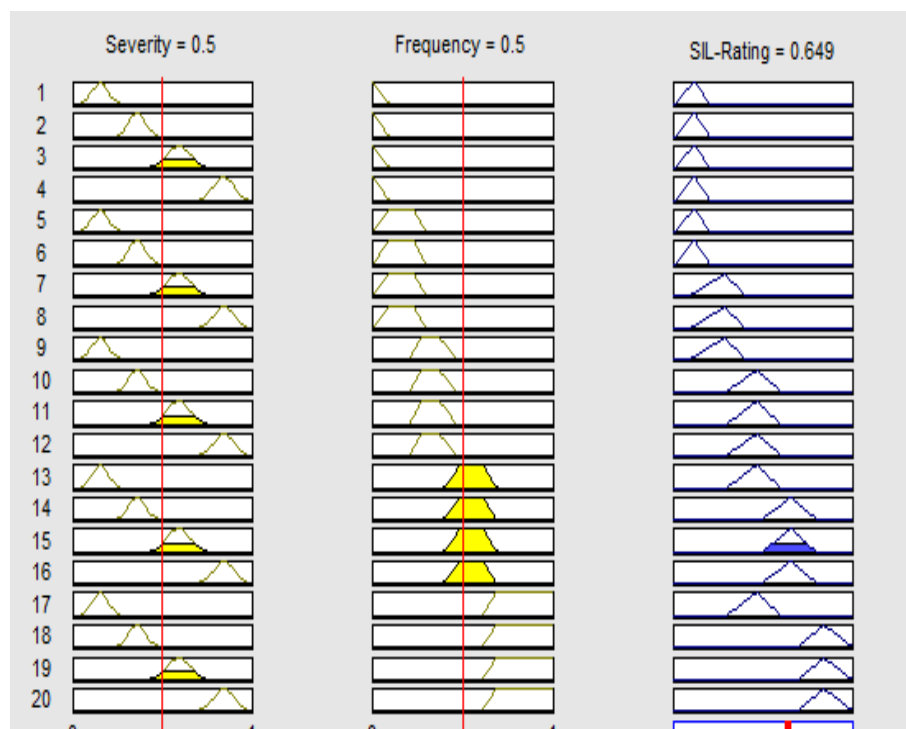
Penilaian SIL (*Safety Integrity Level*) berbasis ANFIS dilakukan setelah memperoleh hasil dari *risk impact* ANFIS LOPA. Sistem penilaian memiliki masukan dari *risk impact* dan frekuensi sehingga keluaran berupa tingkatan SIL. Hasil *surface view* sistem ANFIS yang telah dibuat berdasarkan *rule base* terlihat pada Gambar 4.5.



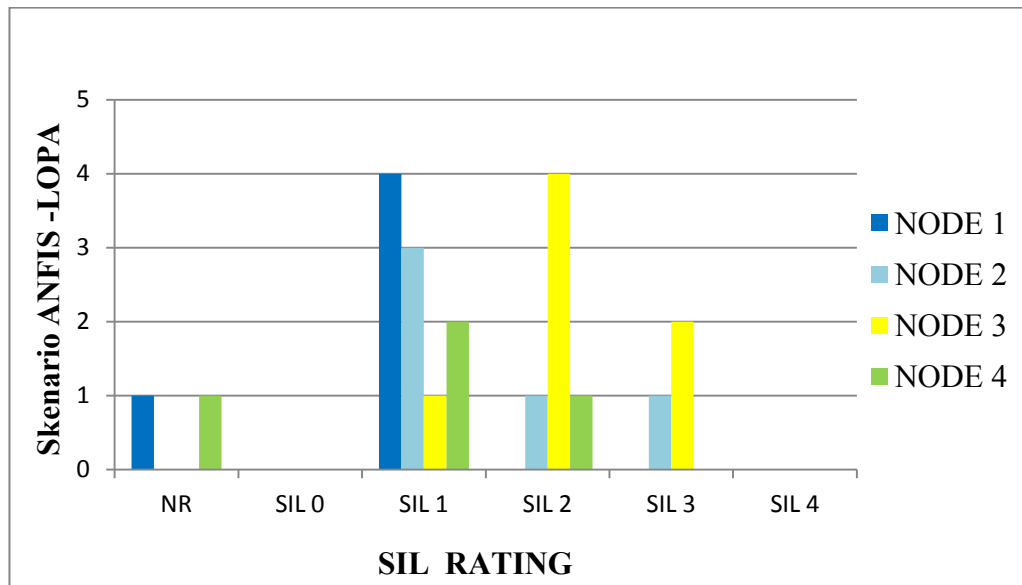
Gambar 4.5 *Surface viewer* untuk SIL *Rating*

Bagian yang berwarna biru menunjukkan *SIL rating* yang rendah, dimana lapisan mampu melakukan pengamanan sehingga tidak diperlukan lapisan pengamanan yang tinggi dalam memitigasi suatu resiko. Bagian yang berwarna kuning menunjukkan *SIL rating* dengan nilai *SIL* yang tinggi, sehingga diperlukan lapisan pengamanan yang sangat baik untuk melakukan pengamanan pada sistem. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan *SIL* dengan menggunakan *software* memiliki tingkat kevalidan yang dapat disesuaikan dengan kondisi *risk matrik* perusahaan.

Keseluruhan dari sistem tersebut memiliki kesesuaian terhadap penilaian *SIL* pada perusahaan. Hal ini menunjukkan bahwa hasil penilaian resiko dengan menggunakan *software* memiliki tingkat kevalidan yang dapat digunakan untuk menentukan langkah dalam pengambilan keputusan oleh pihak manajemen perusahaan. Pada Gambar 4.6 menunjukkan *rule viewer* untuk *SIL rating* semua skenario di *rotary Kiln*. Penilaian *SIL rating* pada *node* 1-4 dapat ditunjukkan pada Gambar 4.7.



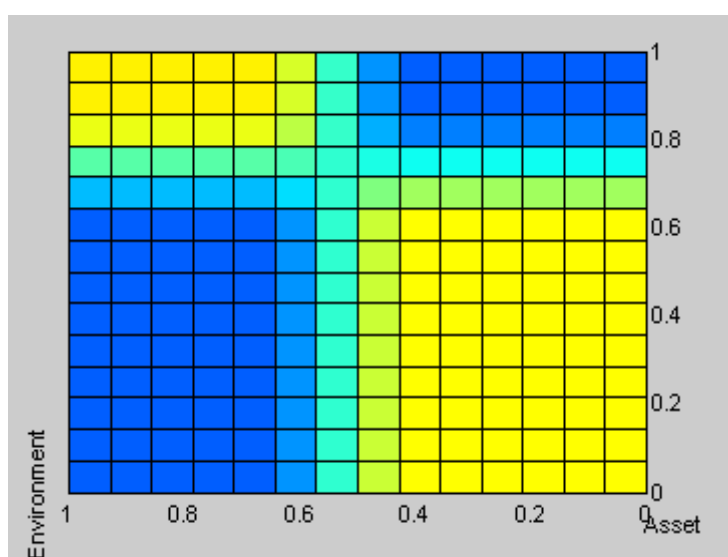
Gambar 4.6 *Rule Viewer* SIL Rating



Gambar 4.7 SIL Rating dengan ANFIS-LOPA untuk node 1-4

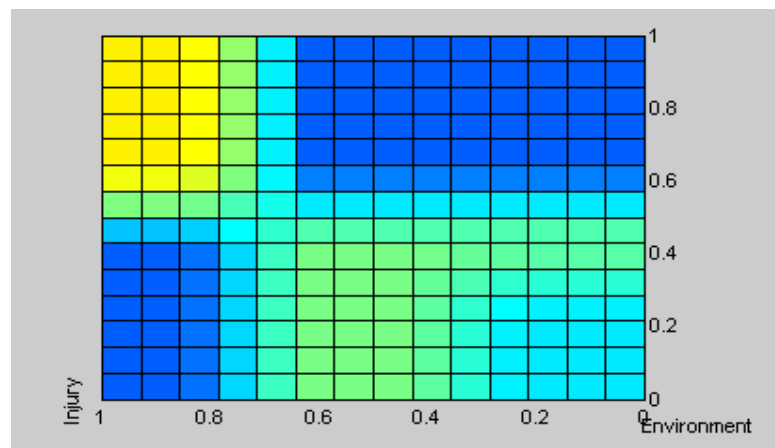
4.2.3.3 ANFIS LOPA Untuk *Economic Impact*

Penilaian efek secara ekonomi ditinjau berdasarkan 4 kategori meliputi manusia, *asset*, lingkungan, dan reputasi. Sistem ANFIS dibangun berdasarkan 81 *rulebase* sehingga menghasilkan *surface view* untuk *economic impact*. Keluaran dari *economic impact* berupa hasil penilaian *low*, *medium*, *high* dan *castatrophic*.

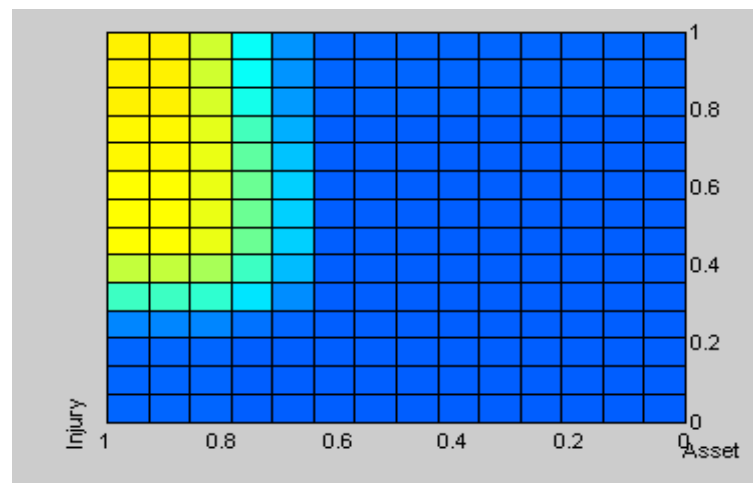


Gambar 4.8 *Surface Viewer* untuk *Economic Impact* antara *Asset* dengan *Environment*

Untuk menunjang kondisi lingkungan yang baik diperlukan sumber daya manusia yang baik pula, sehingga dengan adanya tuntutan agar berada dalam kondisi lingkungan dan manusia yang baik diperlukan ekonomi perusahaan yang masih dalam tingkatan medium. Pada Gambar 4.8 memperlihatkan hubungan *asset* dan lingkungan, dimana didominasi warna kuning, yang berarti *level catastrophic*. Pada Gambar 4.9 menunjukkan keterkaitan antara lingkungan dan manusia (kecelakaan) terhadap sektor ekonomi, terlihat mayoritas berwarna biru yang berarti menunjukkan *level low*.



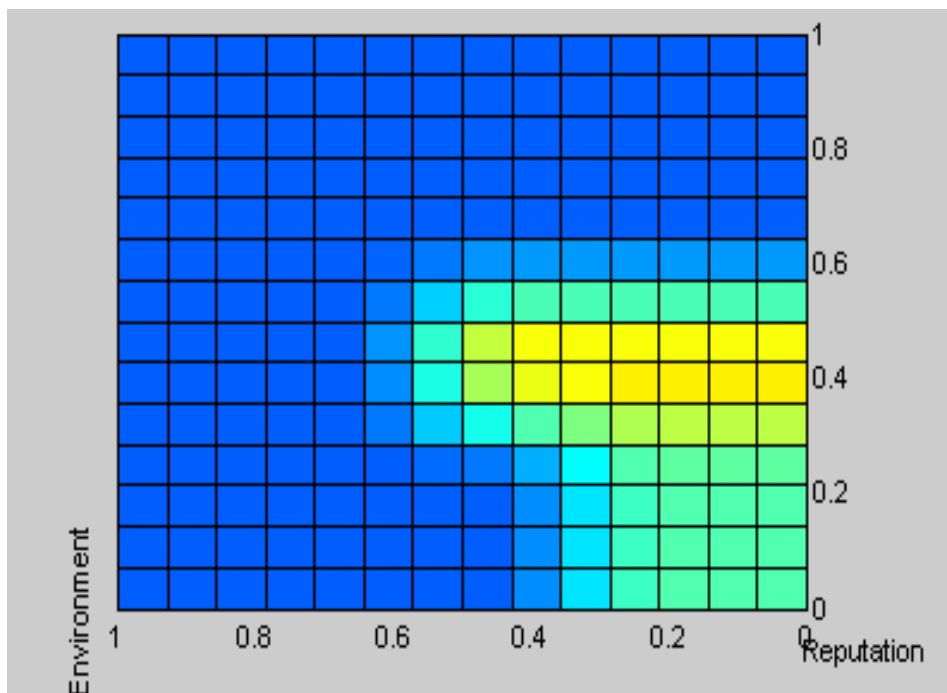
Gambar 4.9 *Surface Viewer* untuk *Economic Impact* antara *Environment* dengan *Injury*



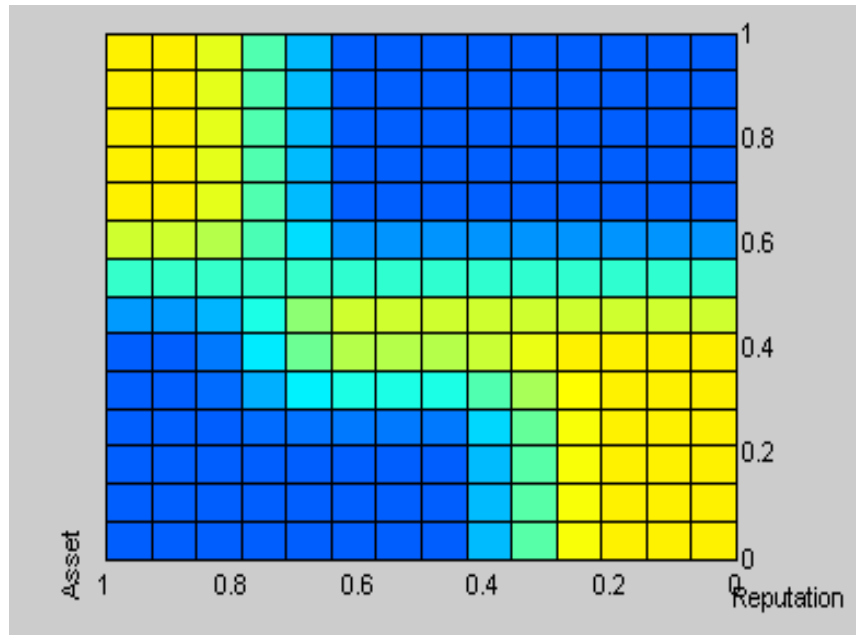
Gambar 4.10 *Surface Viewer* untuk *Economic Impact* antara *Asset* dengan *Injury*

Pada Gambar 4.10 memperlihatkan hubungan *asset* dengan *injury* terhadap dampak ekonomi. Terlihat secara garis besar, memperlihatkan warna biru mendominasi sehingga termasuk *level low*. Karena dengan adanya kemampuan manusia yang memadai dapat mempertahankan *asset* perusahaan

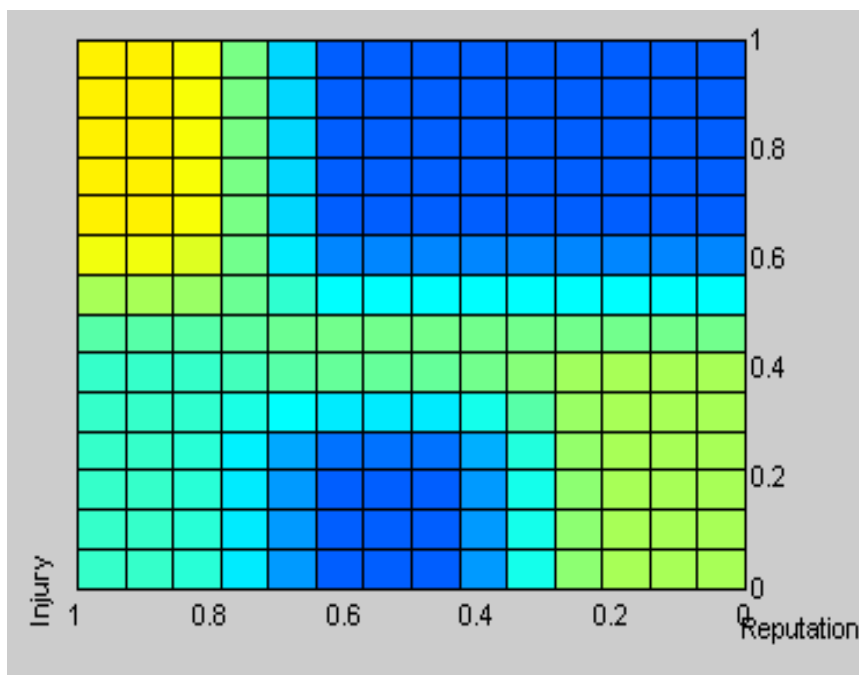
sehingga dapat mengurangi biaya perbaikan *asset* perusahaan. Pada Gambar 4.12 memperlihatkan hubungan *reputation* dengan *environment* terhadap dampak ekonomi. Mayoritas pada Gambar 4.11 berwarna biru, berarti tergolong *level low*. Dampak ekonomi rendah juga terlihat dari tinjauan *reputation* dan *injury* yang rendah (Gambar 4.13). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang baik dan perawatan *asset* memerlukan biaya yang tinggi sehingga berdampak pada segi ekonomi perusahaan. Reputasi baik memiliki dampak ekonomi yang cenderung tinggi jika dibandingkan dengan tinjauan dari segi *asset* dan lingkungan. Hal ini memperlihatkan bahwa untuk menjaga reputasi yang tinggi sebanding dengan dampak ekonomi yang dikeluarkan perusahaan. Pengaruh lingkungan terhadap dampak ekonomi masih *level medium*, hal ini dikarenakan nominal yang dikeluarkan untuk menjaga dampak lingkungan disesuaikan dengan tindakan pegawai yang ada dilapangan agar sesuai dengan SOP (Standar *Operational Procedur*) sehingga perusahaan tidak perlu mengeluarkan biaya yang terlalu mahal.



Gambar 4. 11 *Surface Viewer* untuk *Economic Impact* antara *Reputation* dengan *Environment*

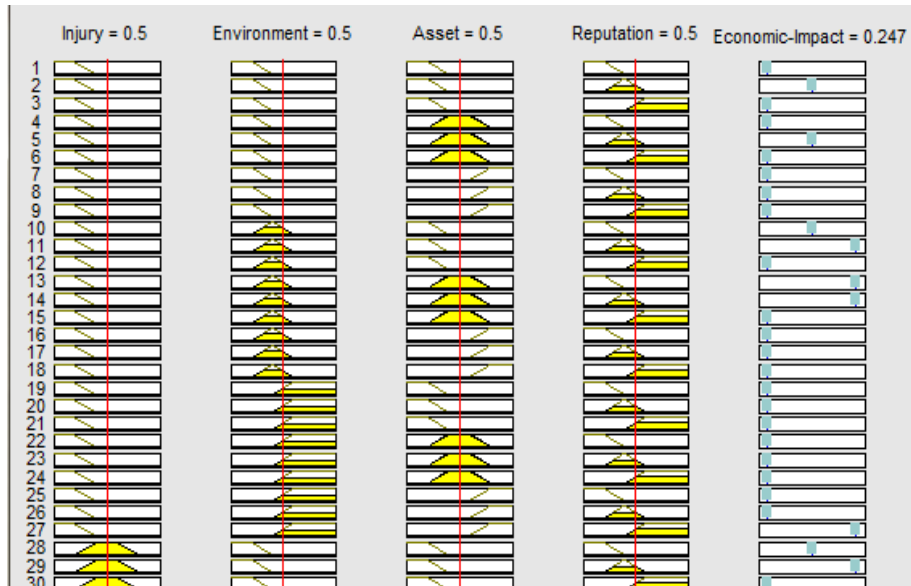


Gambar 4.12 *Surface Viewer* untuk *Economic Impact* antara *Reputation* dengan *Asset*



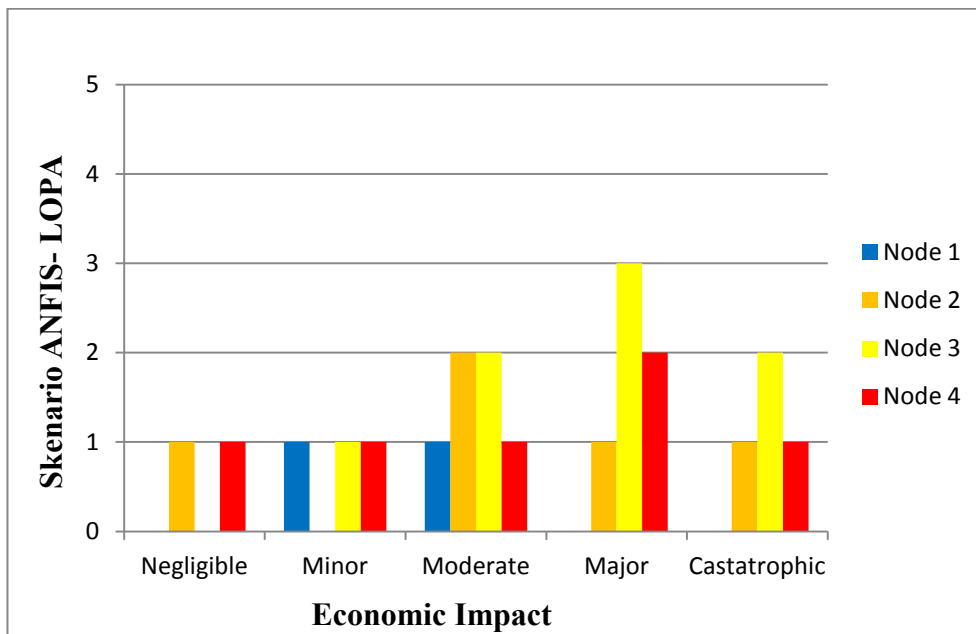
Gambar 4.13 *Surface Viewer* untuk *Economic Impact* antara *Reputation* dengan *Injury*

Pada Gambar 4.14 ditunjukkan *Rule Viewer Economic Impact* dari input berupa *Injury*, *Asset*, *Reputation* dan *Environment*. Untuk penilaian *Economic Impact* semua skenario bahaya di *rotary Kiln* ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.14 *Rule Viewer Economic Impact*

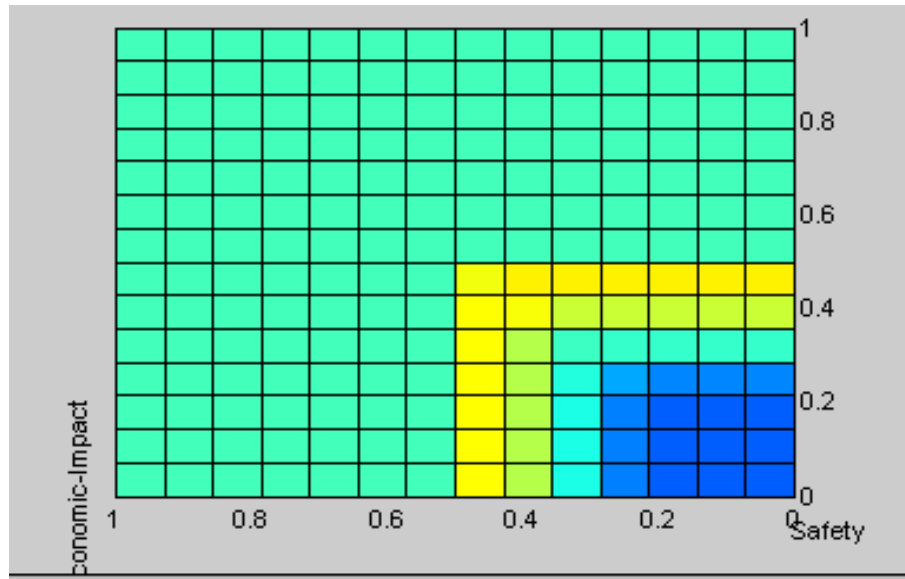
Hasil Penilaian dari sistem ANFIS pada *node* 1-4 dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 *Economic Impact dengan ANFIS –LOPA untuk node 1-4*

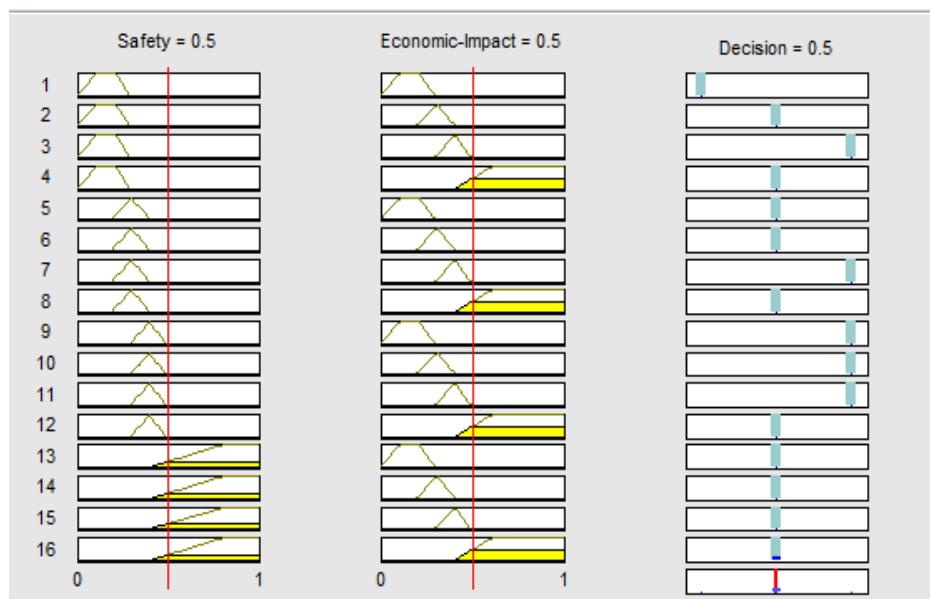
4.2.3.4 ANFIS LOPA Untuk *Decision*

Keputusan akhir dipengaruhi oleh aspek ekonomi dan *safety* yang dapat memberikan hasil berupa *decision impact* yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan oleh perusahaan. Hasil dari *decision impact* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.16.

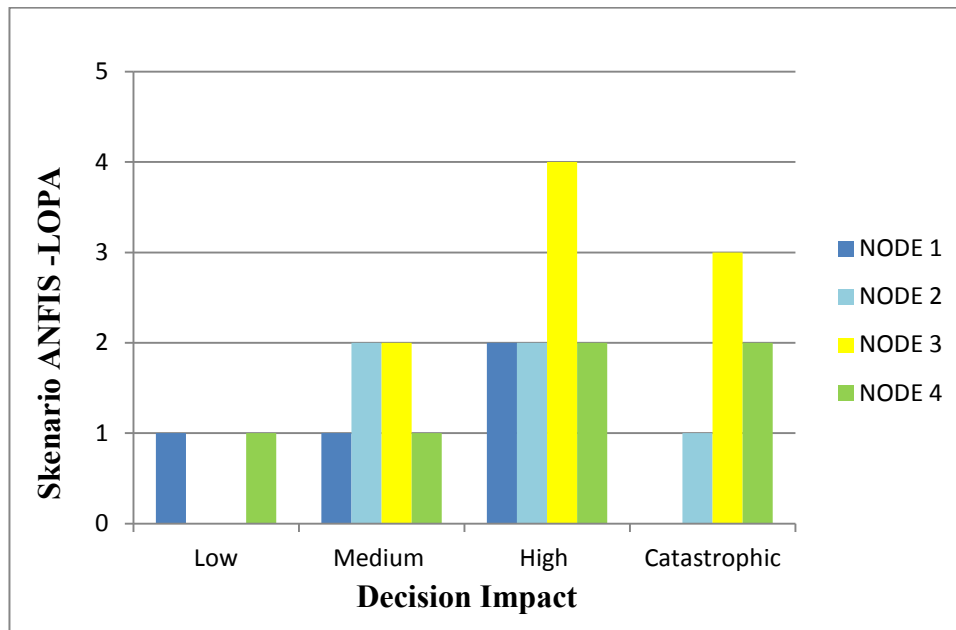


Gambar 4.16 *Surface Viewer* untuk *Decision*

Pada Gambar 4.16 menunjukkan *surface view decision impact*, terlihat sebagian besar berada di kategori medium. Warna hijau menunjukkan *level medium*, warna kuning menunjukkan *catastrophic* dan warna biru menunjukkan *level low*. Pada Gambar 4.17 menunjukkan *Rule Viewer Decision* dengan input berupa *safety* (SIL Rating) dan *Economic Impact*. Untuk penilaian *decision impact* semua skenario bahaya di rotary Kiln ditampilkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.17 *Rule Viewer Decision*



Gambar 4.18 *Decision* dengan ANFIS –LOPA untuk *node* 1-4

4.3 Pembahasan

4.3.1 Analisa Pemodelan HAZOP

Pada *Worksheet* HAZOP Tabel 4.12, diklasifikasikan menjadi 4 *node*:

1. *Node* 1 merupakan identifikasi potensial bahaya komponen di area zona kalsinasi dengan panjang 0-10 meter pada rentang temperatur 900 -1000 °C. Pada zona ini teridentifikasi potensial bahaya antara lain :
 - 1.1 Alarm indikator *analyser low* pada komponen *analyser* gas O₂ dengan penyebab kabel putus pada *analyser* gas O₂. Kegagalan komponen tersebut dapat mengakibatkan kekurangan gas O₂ sehingga berdampak pada terganggunya proses produksi dan mengakibatkan kualitas produk semen tidak sesuai standar atau menurunnya kualitas produk.
 - 1.2 Alarm indikator *analyser high* pada komponen *analyser* gas CO dengan penyebab kabel putus pada *analyser* gas CO. Kegagalan komponen tersebut dapat mengakibatkan kelebihan gas CO sehingga berdampak pada terganggunya proses produksi dan mengakibatkan kualitas produk semen tidak sesuai standar atau menurunnya kualitas produk.

2. *node 2* merupakan identifikasi potensial bahaya komponen di area zona transisi dengan panjang 10-20 meter pada rentang temperatur 1000 -1200 °C. Pada zona ini teridentifikasi potensial bahaya antara lain :
 - 2.1 Kegagalan pada *rotary feeder*, sehingga mengakibatkan *overspeed* pada *rotary* Kiln, khususnya zona transisi. Dari *overspeed* tersebut yang melebihi standar *speed rotary*, maka pada durasi yang lama berefek berpotensi *overtemperature*. Pada *overtemperature* yang melebihi standar yang telah ditentukan, berdampak buruk pada *rotary* Kiln berupa potensial kegagalan terbentuknya *clinker* di area *rotary* Kiln
 - 2.2 Kegagalan pada motor Kiln *drive* di *rotary* Kiln zona transisi, sehingga mengakibatkan tidak berputarnya *rotary* Kiln dengan penyebab utamanya kelebihan *vibrasi* di Kiln *drive*. Dari tidak berputarnya *rotary* Kiln, mengakibatkan dampak yang berlanjut pada berhentinya proses produksi, sehingga dapat mengurangi target produksi di perusahaan tersebut.
3. *Node 3* merupakan identifikasi potensial bahaya komponen di area zona pembakaran dengan panjang 20-30 meter pada rentang temperatur 1200 - 1350 °C. Pada zona ini teridentifikasi potensial bahaya antara lain :
 - 3.1 Kegagalan pada sensor temperatur, berupa tidak terbacanya kondisi temperatur di *node 3*, sehingga temperatur di area *rotary* Kiln khususnya di area pembakaran mengakibatkan *overtemperature*. Pada temperatur yang berlebih mengakibatkan potensial kegagalan pembentukan *clinker* pada area pembakaran.
 - 3.2 Kegagalan pada komponen *Air slide fan*, komponen tersebut tidak berfungsi sehingga dapat mempengaruhi kondisi temperatur disekitarnya. Temperatur disekitarnya menjadi lebih panas, sehingga pada durasi yang lama akan berdampak temperatur yang berlebihan (*overtemperature*) di area zona pembakaran *rotary* Kiln. Pada *overtemperature* yang melebihi ambang batas, maka akan berdampak buruk berupa potensial terjadi kegagalan terbentuknya *clinker* di zona pembakaran *rotary* Kiln.

4. *Node 4* merupakan identifikasi potensial bahaya komponen di area zona pendinginan dengan panjang 30-60 meter pada rentang temperatur 1350 -1200 °C. Pada zona ini teridentifikasi potensial bahaya antara lain:

- 4.1 Kegagalan *Big filter fan* dan sensor temperatur, komponen tersebut tidak berfungsi sehingga dapat kondisi temperatur di sekitarnya. Temperatur di sekitarnya menjadi lebih panas, sehingga pada durasi yang lama, akan berdampak temperatur yang berlebihan (*overtemperature*) di area zona pendinginan *rotary* Kiln. Pada *overtemperature* yang melebihi ambang batas, maka akan berdampak buruk berupa potensial terjadi kegagalan terbentuknya *clinker* di zona pendinginan *rotary* Kiln.

- 4.2 Kegagalan *Big filter fan*, sehingga berdampak pada *air circulation fault*. Berkurangnya aliran udara di zona pendinginan dapat mengakibatkan temperatur yang tidak sesuai atau bahkan temperatur yang melebihi standar. Pada kondisi tersebut berakibat pada berkurangnya kualitas produk (*clinker*) atau bahkan dapat mengakibatkan potensial kegagalan terbentuknya *clinker* pada komponen di area zona pendinginan *rotary* Kiln.

- 4.3 Kegagalan sensor temperatur, sehingga kondisi temperatur tidak terbaca sempurna. Pada kondisi tersebut dapat mengakibatkan temperatur *rotary* Kiln yang melebihi ketentuan (*overtemperature*). Kondisi *overtemperature* dapat mengakibatkan *consequency* yang lebih fatal berupa berhentinya proses produksi, produk tidak sesuai standar atau bahkan berpotensi terjadinya kegagalan terbentuknya *clinker* pada komponen di sekitar zona pendinginan *rotary* Kiln.

4.3.2 Rekomendasi untuk perusahaan dari Metode HAZOP

Rekomendasi dari identifikasi potensial bahaya yang telah terangkum di *Worksheet* HAZOP. Peneliti akan memberikan rekomendasi untuk mengurangi potensial bahaya tersebut, antara lain:

1. Pada *node 1*, permasalahan di zona kalsinasi dengan kegagalan *analyser* gas O₂ yaitu *maintenance analyser* gas O₂. Dengan *maintenance analyser* gas O₂ kita

dapat meminimalisir *failure* pada komponen. Perawatan komponen *analyser* harus dijadwalkan dan dilakukan secara tertib dengan operator yang telah terlatih. Begitu pula untuk permasalahan di zona kalsinasi juga dengan kegagalan *analyser* gas CO, perlu adanya *maintenance* secara berkala dengan teknisi yang terlatih dan telah tersertifikat.

2. Pada zona 2, permasalahan di zona transisi dengan kegagalan *rotary feeder*. Pihak perusahaan perlu melakukan *maintenance* pada *rotary feeder* secara berkala. Dengan adanya *maintenance* komponen tersebut, dapat meniadakan kejadian yang fatal yaitu potensial kegagalan pada pembentukan *clinker*. Untuk kegagalan motor *drive* Kiln, pihak teknisi perusahaan harus mengecek motor secara periodik, karena *rotary* Kiln berputar 24 jam. Dengan pengecekan secara periodik, dapat mengetahui kondisi komponen Kiln *drive* motor, supaya teknisi bisa mengetahui komponen mana yang layak digunakan dan komponen yang wajib diganti.
3. Pada zona 3, permasalahan di zona pembakaran dengan kegagalan pada komponen sensor temperatur dan *Air slide fan*, maka peneliti memberikan rekomendasi yaitu melakukan *maintenance* pada masing-masing komponen. *Maintenance* ini bisa berupa pembersihan *fan*, penggantian kabel *fan* atau penggantian komponen keseluruhan *fan*. Semua itu tergantung kadar kegagalan komponen atau skala prioritas *maintenance* komponen. Untuk sensor temperatur, teknisi perusahaan harus mengganti sensor temperatur yang lebih sensitif terhadap deviasi temperatur.
4. Pada zona 4, permasalahan di zona pendinginan dengan kegagalan pada komponen yang memiliki fungsi yang sama (*Air slide fan* dan *Big filter fan*) serta kegagalan sensor temperatur, maka peneliti memberikan rekomendasi yang sama yaitu melakukan *maintenance* pada masing-masing komponen. *Maintenance* ini bisa berupa pembersihan *fan*, penggantian kabel *fan*, atau penggantian komponen keseluruhan *fan*. Semua itu tergantung kadar kegagalan komponen atau skala prioritas *maintenance* komponen. Untuk sensor temperatur, teknisi perusahaan harus mengganti sensor temperatur yang lebih sensitif terhadap deviasi temperatur.

4.3.3 Analisa dan Rekomendasi Pemodelan LOPA

Pada pemodelan LOPA kuantitatif dapat dianalisa dari hasil SIL (*Safety Integrity Level*) berikut ini:

1. Pada *node* 1 didapatkan nilai SIL berupa 2 NR (*No Risk*) tanpa adanya resiko yang berarti, sehingga pada *node* 1 tidak memiliki dampak yang berarti pada komponen di area zona kalsinasi.
2. Pada *node* 2 terdapat 2 nilai SIL berupa NR dan satu nilai SIL berupa SIL 0. Hal ini berarti ada komponen yang perlu ditingkatkan SILnya supaya memiliki tingkat keamanan yang lebih baik dengan cara mengganti komponen atau menambahkan *redundance system* (komponen yang memiliki fungsi yang sama).
3. Pada *node* 3 terdapat 2 nilai SIL berupa SIL 0 dan SIL 1. Hal ini berarti ada komponen yang harus ditingkatkan nilai SILnya dari SIL 0 dan SIL 1 menjadi NR dengan cara menambahkan komponen yang serupa di area zona pembakaran untuk menjadikan *redundance system*. Karena dengan menambahkan komponen yang serupa di zona pembakaran, jika ada satu komponen yang *failure* maka bisa digantikan tugasnya dengan komponen yang fungsinya sama.
4. Pada *node* 4 didapatkan 3 nilai SIL berupa SIL 0. Hal ini serupa dengan *node* 3, di zona pendinginan ini harus ada komponen dengan nilai SIL 0 yang wajib ditingkatkan nilai *safety integrity level*nya dengan cara mengganti komponen yang baru atau membuat system paralel dengan komponen lainnya yang memiliki tugas dan fungsi yang sama.

4.3.4 Analisa Pemodelan ANFIS LOPA

Pada pemodelan ANFIS LOPA diperoleh hasil berupa *risk impact*, SIL *rating*, *Economic impact* dan *risk decision*. Pada *severity risk impact* didapat tiga *action* yaitu pemantuan, pengendalian, tujuan dan sasaran. Setiap zona pada rotary Kiln ditentukan nilai *severity risk impact* dari ketiga *action* tersebut. Untuk *node* 1 (zona kalsinasi) diperoleh nilai yang maksimal di aksi pengendalian dengan jumlah 3 skenario, *node* 2 (zona transisi) didapatkan nilai maksimal di aksi pengendalian dengan jumlah 3 skenario, sedangkan pada *node* 3 (zona

pembakaran) diperoleh nilai tujuan & sasaran yang maksimal dari *risk impact* sebesar 5 skenario, serta *node 4* (zona pendinginan) didapatkan maksimal pengendalian sebesar 3 skenario. Pada menentukan SIL *rating* didapatkan nilai SIL masing-masing *node* dengan menggunakan metode ANFIS LOPA antara lain: pada *node 1* (zona kalsinasi) diperoleh maksimal nilai SIL 1 sebesar 4 skenario, *node 2* (zona transisi) diperoleh nilai SIL 1 sebesar 3 skenario sedangkan untuk *node 3* (zona pembakaran) didapatkan nilai SIL 2 sebesar 4 skenario serta *node 4* maksimal nilai SIL 1 dengan jumlah 2 skenario.

Pada *Economic impact* dapat dilihat hasilnya pada Gambar 4.26, terlihat *economic impact* dari masing-masing *node*. Pada *node 1* (zona kalsinasi) diperoleh nilai *economic impact* dengan 1 skenario kriteria *minor* dan *moderate*. Berdasarkan standar resiko perusahaan (Tabel 3.8) maka kategori tersebut memiliki range nominal sebesar < Rp. 1 Milyar. *Node 2* (zona transisi) memiliki dampak ekonomi dengan 2 skenario di kategori *moderate*. Sesuai resiko perusahaan, kriteria tersebut memiliki arti rentang resiko ekonomi sebesar Rp. 1 Milyar – Rp. 10 Milyar, sedangkan *node 3* (zona pembakaran) didapatkan nilai *economic impact* dengan nilai maksimal 3 skenario di kriteria *major*. Pada standar yang sama, dapat diketahui nilai nominal sebesar Rp. 10 Milyar – Rp. 25 Milyar. Pada *node 4* (zona pendinginan) diperoleh besar dampak ekonomi bagi perusahaan. Zona ini memiliki 2 skenario kriteria *moderate* dan *castatrophic*. Untuk besar nominal yang harus dikeluarkan perusahaan sesuai standar resiko perusahaan, sebesar Rp. 1 Milyar – Rp. 10 Milyar.

Setelah diperoleh nilai keamanan sistem berdasarkan nilai SIL dan dampak dari segi ekonomi bagi perusahaan, maka perusahaan dapat menentukan langkah yang harus diambil. Peneliti berusaha memberikan gambaran secara umum tentang keputusan yang diambil perusahaan, yang bisa dilihat di Gambar 4.27. Pada Gambar 4.27 terlihat zona 3 memiliki nilai 4 skenario kriteria *high* dan 3 skenario kriteria *castatrophic* dengan kriteria *high* yang perlu dijadikan prioritas *maintenace* dan perbaikan. Untuk urutan kedua, ada di zona pendinginan memiliki 2 skenario kriteria *high* dan 2 skenario kriteria *catastrophic*. Urutan ketiga di zona transisi dengan 2 skenario kriteria *high* dan 2 skenario kriteria medium, sedangkan yang terakhir di zona kalsinasi. Dari urutan tersebut, peneliti berusaha

memberikan rekomendasi perusahaan untuk melakukan *maintenance* komponen di masing-masing zona dengan skala prioritas sesuai urutan diatas.

4.3.5 Rekomendasi pemodelan ANFIS LOPA untuk perusahaan

Untuk rekomendasi *severity risk impact*, sama halnya seperti rekomendasi di pemodelan HAZOP, perlu adanya perbaikan, *maintenace*, atau penggantian komponen yang bermasalah. Begitu pula dengan rekomendasi nilai SIL (*Safety Integrity Level*) seperti rekomendasi pemodelan LOPA, harus dilakukan *maintenance*, penggantian komponen, dan penambahan komponen yang serupa untuk meningkatkan *redundance system*, karena dengan meningkatnya *redundance system* maka meningkat pula nilai SIL. Pada dampak ekonomi bagi perusahaan (*economical impact*) yang wajib diperbaiki yaitu selain komponen-komponen di area *rotary* Kiln, harus adanya pelatihan teknisi atau karyawan supaya tidak adanya *human error*. Dengan adanya tenaga ahli/ teknisi yang berkompeten maka dapat meminimalisir kesalahan manusia, sehingga tidak berdampak pada kondisi lingkungan, *asset* maupun manusianya itu sendiri. Untuk *risk decision* ini berkaitan dengan tindakan yang harus diambil perusahaan setelah mengetahui akibat dampak ekonomi dan nilai keamanan sistem (nilai SIL). Peneliti memberikan saran zona mana yang harus dijadikan skala prioritas yaitu zona pembakaran, zona pendinginan, zona transisi dan yang terakhir zona kalsinasi. Tindakan yang bisa dilakukan pihak perusahaan bisa berupa *maintenance instrument/* komponen di area *rotary* Kiln secara periodik, penambahan *instrument/* komponen, penggantian *instrument/* komponen dan peningkatan SDM (Sumber Daya Manusia) dengan cara memberikan pemahaman dan pelatihan kerja.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan :

1. Studi HAZOP yang diterapkan pada *Rotary Kiln* PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban untuk analisa kualitatif diperoleh 5 potensial bahaya dengan level *emergency* (potensial terjadinya kegagalan terbentuknya *clinker*) berada di komponen *rotary feeder* di *node 2*, sensor temperatur, *air slide fan*, *big filter fan* di *node 3* serta sensor *pressure* di *node 4*.
2. Nilai *Safety Integrity Level* (SIL) secara kuantitatif ditunjukkan pada hasil LOPA untuk analisa resiko berupa *SIL rating node 1* hingga *4* yaitu *node 3* memiliki tingkat keamanan yang paling rendah, terlihat dari nilai *SIL node* tersebut berada di *SIL 1* sebesar 50%.
3. ANFIS *Layer of Protection Analysis* menghasilkan keluaran *SIL rating* berupa *node 3* memiliki tingkat keamanan yang paling rendah, terlihat dari nilai *SIL node 3* bernilai *SIL 2* dengan 4 skenario potensial bahaya. Analisa yang diperoleh dari dampak ekonomi yaitu adanya potensial kerugian perusahaan sebesar Rp.1 Milyar – Rp.10 Milyar. *Risk Decision* menghasilkan prioritas *maintenance* komponen di area zona pembakaran.

LAMPIRAN A

Data Proses di Rotary Kiln PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban III

	kiln actual speed (rpm)	kiln drive torque	O₂ inlet kiln	NOx inlet kiln	CO inlet kiln
<i>Time</i>	443KL1ST505E	443KL1XC504B	443AN3AT502	443AN3AT503	443AN3AT503A
<i>Y-max</i>	4	80	25	0,5	1600
<i>Y-min</i>	0	10	0	0,01	100
<i>Unit</i>	rpm	%	%	%	ppm
08/01/2015 0:00	0	0	22,17	0	18,61
08/01/2015 2:40	0	0	22,17	0	18,56
08/01/2015 5:20	0	0	22,17	0	18,56
08/01/2015 8:00	0	0	22,16	0	18,56
08/01/2015 10:40	0	0	22,16	0	18,38
08/01/2015 13:20	0	0	22,16	0	18,5
08/01/2015 16:00	3,5	0	22,16	0	18,3
08/01/2015 18:40	6,37	0	12,85	0	153,51
08/01/2015 21:20	9,15	0	3,25	0,05	309,68
08/02/2015 0:00	95,07	32,11	5,54	0	384,87
08/02/2015 2:40	877,86	57,73	6,59	0	660,29
08/02/2015 5:20	985,57	53,4	5,41	0	915,48
08/02/2015 8:00	984,78	64,68	5,69	0	1314,68
08/02/2015 10:40	985,49	56,51	5,3	0	1021,83
08/02/2015 13:20	964,11	56,06	5,71	0	1285,96
08/02/2015 16:00	957,93	57,56	5,12	0	1248,53
08/02/2015 18:40	960,71	54,56	4,9	0	1044,45
08/02/2015 21:20	967,11	53,47	4,56	0	1032,34
08/03/2015 0:00	944,87	55,63	3,72	0,01	920,8

08/03/2015 2:40	956,07	58,94	4,82	0	927,25
08/03/2015 5:20	956,63	54,23	4,68	0	874,45
08/03/2015 8:00	956,21	56,22	6,31	0	842,94
08/03/2015 10:40	956,5	60,07	13,1	0	534,53
08/03/2015 13:20	955,66	59,12	12,87	0	614,99
08/03/2015 16:00	955,4	63,6	13,14	0	631,85
08/03/2015 18:40	955,56	55,48	13,99	0	506,78
08/03/2015 21:20	955,97	62,58	13,71	0	544,06
08/04/2015 0:00	955,83	62,95	12,82	0	523,59
08/04/2015 2:40	951,76	59,32	12,74	0	580,07
08/04/2015 5:20	946,41	59,41	13,01	0	519,73
08/04/2015 8:00	975,74	67,65	12,61	0	585,89
08/04/2015 10:40	1063,19	58,63	12,92	0	587,28
08/04/2015 13:20	988,81	65,96	12,91	0	657,55
08/04/2015 16:00	982,56	63,46	13,31	0	643,84
08/04/2015 18:40	982,53	69,28	13,59	0	644,28
08/04/2015 21:20	982,8	67,35	13,89	0	665,57
08/05/2015 0:00	983,02	68,12	13,5	0	633,71
08/05/2015 2:40	982,58	59,39	14,16	0	605,88
08/05/2015 5:20	982,79	59,3	8,13	0	988,49
08/05/2015 8:00	993,23	65,96	4,97	0	1233,41
08/05/2015 10:40	994,17	68,33	5,4	0	1161,94
08/05/2015 13:20	982,32	68,66	3,75	0	1139,54
08/05/2015 16:00	983,63	60,5	3,79	0	1235,69

08/05/2015 18:40	972,57	58,48	4,62	0	1242,92
08/05/2015 21:20	968,41	54,92	4,79	0	1161,68
08/06/2015 0:00	981,84	55,88	4,39	0	834,14
08/06/2015 2:40	977,35	55,96	3,78	0	756,03
08/06/2015 5:20	980,38	57,91	5,01	0	735,35
08/06/2015 8:00	1045,72	56,04	4,42	0	684,64
08/06/2015 10:40	968,84	60,19	3,12	0	321,95
08/06/2015 13:20	956,01	72,47	3,33	0	147,24
08/06/2015 16:00	969,49	68,53	3,78	0	612,97
08/06/2015 18:40	979,99	67,93	3,96	0	921,39
08/06/2015 21:20	996,15	67,71	3,81	0	803,84
08/07/2015 0:00	1083,64	64,43	3,97	0	910,66
08/07/2015 2:40	1087,35	61,77	4,48	0	837,69
08/07/2015 5:20	1065	57,31	5,67	0	752,26
08/07/2015 8:00	1053,74	53,79	6,76	0	692,53
08/07/2015 10:40	977,85	54,43	6,54	0	671,68
08/07/2015 13:20	988,35	58,07	6,91	0	684,52
08/07/2015 16:00	975,44	56,66	6,87	0	670,6
08/07/2015 18:40	1051,42	63,61	6,65	0	664,14
08/07/2015 21:20	1100,18	63,81	11,23	0	573,26
08/08/2015 0:00	1100,07	59,56	6,82	0	785,86
08/08/2015 2:40	1100,75	62,93	4,89	0	973,72
08/08/2015 5:20	1100,15	58,21	5,08	0	801,24
08/08/2015 8:00	1059,2	53,93	5,7	0	776,68

08/08/2015 10:40	932,73	58,14	7,11	0	1116,58
08/08/2015 13:20	1016,23	58,78	3,92	0,02	549,36
08/08/2015 16:00	1058,35	60,02	4,65	0	513,32
08/08/2015 18:40	1058,6	57,53	4,59	0	597,98
08/08/2015 21:20	1060,92	63,64	4,71	0	590,8
08/09/2015 0:00	1072,38	60,54	4,52	0	719,81
08/09/2015 2:40	1072,38	61,27	4,5	0	742,85
08/09/2015 5:20	1072,2	60,66	4,33	0	726,1
08/09/2015 8:00	1071,91	61,13	4,87	0	916,31
08/09/2015 10:40	1072,42	58,2	4,78	0	1045,57
08/09/2015 13:20	1072,4	63,29	4,25	0	1086,93
08/09/2015 16:00	1070,91	59,01	5,08	0	1019,09
08/09/2015 18:40	968,24	56,1	6,54	0	1091,81
08/09/2015 21:20	882,78	50,82	6,48	0	985,04
08/10/2015 0:00	942,17	56,19	6,09	0	1020,71
08/10/2015 2:40	956,61	56,01	5,56	0	1026,74
08/10/2015 5:20	947,4	55,39	4,97	0	987,17
08/10/2015 8:00	950,64	52,85	4,37	0	1090,65
08/10/2015 10:40	984,47	58,43	4,87	0	1054,88
08/10/2015 13:20	1036,25	55,38	4,67	0	1036,06
08/10/2015 16:00	1035,66	56,84	4,67	0	1078,08
08/10/2015 18:40	1027,08	56,85	5,12	0	1010,69
08/10/2015 21:20	997,27	57,13	4,06	0	853,78
08/11/2015 0:00	1001,23	57,17	6,34	0	869,59

08/11/2015 2:40	1020,97	54,53	5,68	0	860,65
08/11/2015 5:20	982,55	53,74	5,26	0	907,83
08/11/2015 8:00	982,29	51,99	4,48	0	967,24
08/11/2015 10:40	982,46	55,65	4,7	0	1124,19
08/11/2015 13:20	983,05	57,57	4,97	0	1082,96
08/11/2015 16:00	982,93	60,17	4,93	0	1148,61
08/11/2015 18:40	948,12	58,52	6,18	0	1164,88
08/11/2015 21:20	1010,55	57,38	5,25	0	1074,54
08/12/2015 0:00	1062,72	62,48	3,27	0	1017,63
08/12/2015 2:40	1070,07	64,01	3,9	0	1186,13
08/12/2015 5:20	1069,82	61,08	3,57	0	1140,63
08/12/2015 8:00	1069,87	63,27	3,3	0	1083,36
08/12/2015 10:40	1070,13	62,07	3,67	0	1139,13
08/12/2015 13:20	1042	59,19	4,15	0	1064,82
08/12/2015 16:00	1045,39	60,02	4,08	0	1059,76
08/12/2015 18:40	1079,1	59,29	3,38	0	964,24
08/12/2015 21:20	1084,57	57,66	5,74	0	764,23
13/08/2015 00:00:00	1081,67	57,57	6,86	0	793,87
13/08/2015 02:40:00	1083,59	59,25	4,78	0	1087,79
13/08/2015 05:20:00	1071,01	57,65	3,64	0	1085,03
13/08/2015 08:00:00	1071,51	55,48	4,04	0	806,05
13/08/2015 10:40:00	1100,99	55,25	5,53	0	900,23
13/08/2015 13:20:00	1131,79	54,65	6,14	0	920,32
13/08/2015 16:00:00	1122,4	57,55	6,08	0	935,35

13/08/2015 18:40:00	1083,52	56,79	4,64	0	1209,71
13/08/2015 21:20:00	1083,29	58,57	4,22	0	1177,37
14/08/2015 00:00:00	1068,74	56,21	5,19	0	1220,37
14/08/2015 02:40:00	1069,34	54,94	5,05	0	1113,65
14/08/2015 05:20:00	1069,57	56,05	6,95	0	1029,42
14/08/2015 08:00:00	1069,55	56,68	8,19	0	933,51
14/08/2015 10:40:00	1069,71	54,61	6,66	0	948,12
14/08/2015 13:20:00	1069,05	56	5,44	0	1046,35
14/08/2015 16:00:00	1069,83	54,99	5,33	0	1134,2
14/08/2015 18:40:00	1024,92	54,73	6,02	0	1214,46
14/08/2015 21:20:00	995,85	59,47	6,82	0	1162,34
15/08/2015 00:00:00	1055,57	59,58	9,24	0	921,56
15/08/2015 02:40:00	1055,83	60,58	7,14	0	1071,77
15/08/2015 05:20:00	1056,11	61,97	5,7	0	1234,84
15/08/2015 08:00:00	1066,66	61,56	4,61	0	1152,74
15/08/2015 10:40:00	1070,17	61,56	14,65	0	553,8
15/08/2015 13:20:00	1036,82	55,09	20,46	0	140,43
15/08/2015 16:00:00	1011,51	53,98	14,22	0	494,6
15/08/2015 18:40:00	980,78	57,87	8,74	0	1082,93
15/08/2015 21:20:00	888,59	56,54	7,76	0	1219,81
16/08/2015 00:00:00	909,32	55,26	7,52	0	949,74
16/08/2015 02:40:00	941,45	54	8,51	0	902,94
16/08/2015 05:20:00	886,06	53,77	9,56	0	850,26
16/08/2015 08:00:00	814,04	57,63	8,68	0	1025,44

16/08/2015 10:40:00	820,65	55,51	7,52	0	1149,97
16/08/2015 13:20:00	905,15	58,34	11,45	0	786,41
16/08/2015 16:00:00	982,41	55,74	14,84	0	461,49
16/08/2015 18:40:00	1009,53	55,84	13,9	0	478,99
16/08/2015 21:20:00	931,34	56,57	15,87	0	380,16
17/08/2015 00:00:00	931,18	55,69	15,92	0,01	342,36
17/08/2015 02:40:00	923,21	56,08	17,03	0	348,26
17/08/2015 05:20:00	872,56	59,51	12,85	0	772,58
17/08/2015 08:00:00	881,21	61,96	6,41	0	1299,31
17/08/2015 10:40:00	830,75	56,67	6,65	0	1029,24
17/08/2015 13:20:00	807,43	57,1	6,48	0	1287,69
17/08/2015 16:00:00	793,04	61,45	6,35	0	1521,9
17/08/2015 18:40:00	807,55	62,75	5,79	0	1541,58
17/08/2015 21:20:00	807,06	59,46	6,18	0	1421,86
18/08/2015 00:00:00	806,98	61,35	5,64	0	1535,86
18/08/2015 02:40:00	816,54	69,92	5,6	0	1619,1
18/08/2015 05:20:00	821,18	62,67	5,85	0	1504,75
18/08/2015 08:00:00	818,67	60,23	5,25	0,03	1224,39
18/08/2015 10:40:00	901,43	59,63	5,76	0	1118,93
18/08/2015 13:20:00	959,09	61,23	5,73	0	1154,17
18/08/2015 16:00:00	966,51	60,45	5,46	0	1132,27
18/08/2015 18:40:00	986,79	60,29	6,59	0	1158,13
18/08/2015 21:20:00	1015,07	56,74	5,78	0	989,49
19/08/2015 00:00:00	1002,56	57	5,31	0	847,1

19/08/2015 02:40:00	1044,98	60,13	5,64	0	1043,65
19/08/2015 05:20:00	1044,99	57,98	6,2	0	955,29
19/08/2015 08:00:00	1044,87	60,56	5,33	0	1008,89
19/08/2015 10:40:00	1060,27	58,66	5,64	0	1018,17
19/08/2015 13:20:00	1059,22	59,85	5,47	0	1161,77
19/08/2015 16:00:00	1059,87	57,22	6,55	0	1044,5
19/08/2015 18:40:00	1059,92	57,8	5,69	0	969,18
19/08/2015 21:20:00	1059,71	58,65	5,36	0	1011,51
20/08/2015 00:00:00	1073,49	61,52	5,78	0	1028,87
20/08/2015 02:40:00	1012,27	60,18	5,46	0	1225,7
20/08/2015 05:20:00	1045,89	56,39	6,44	0	1107,89
20/08/2015 08:00:00	1058,81	56,73	5,91	0	1073,92
20/08/2015 10:40:00	1036,64	61,8	5,69	0	1093,11
20/08/2015 13:20:00	992,16	58,67	4,73	0	1144,42
20/08/2015 16:00:00	989,69	60,26	4,79	0	1175,71
20/08/2015 18:40:00	991,6	59,21	5,94	0	918,24
20/08/2015 21:20:00	993,45	59,57	6,03	0,03	824,22
21/08/2015 00:00:00	1057,37	60,36	6,06	0	961,35
21/08/2015 02:40:00	937,28	60,71	7,13	0	947,7
21/08/2015 05:20:00	986,63	56,48	6,63	0	756,05
21/08/2015 08:00:00	987,48	55,79	11,19	0	555,15
21/08/2015 10:40:00	976,15	57,46	12,58	0	488,23
21/08/2015 13:20:00	959,82	58,07	4,51	0,01	911,37
21/08/2015 16:00:00	973,3	61,53	16,27	0	344,08

21/08/2015 18:40:00	1021,63	61,24	9,96	0,01	702,9
21/08/2015 21:20:00	1053,19	59,28	7,43	0	763,31
22/08/2015 00:00:00	1068,77	58,45	4,11	0	970,6
22/08/2015 02:40:00	1056,43	55,19	5,66	0	785,77
22/08/2015 05:20:00	1056,4	55,68	9,44	0,01	548,91
22/08/2015 08:00:00	1056,61	57,16	13,04	0,01	416,6
22/08/2015 10:40:00	1079,94	58,01	4,23	0,01	806,99
22/08/2015 13:20:00	1084,27	56,59	4,92	0	804,84
22/08/2015 16:00:00	1084,77	55,16	5,61	0	751,67
22/08/2015 18:40:00	1084,11	52,73	3,98	0,01	808,64
22/08/2015 21:20:00	1083,78	55,73	6,92	0	741,6
23/08/2015 00:00:00	1081,56	53,28	4,28	0	850,36
23/08/2015 02:40:00	1056,36	52,16	4,49	0	707,03
23/08/2015 05:20:00	1061,73	57,01	6,14	0	752,48
23/08/2015 08:00:00	1056,23	54,82	5,76	0	722,62
23/08/2015 10:40:00	1055,7	55,23	3,78	0	816,46
23/08/2015 13:20:00	1056,4	55,05	4,04	0	945,4
23/08/2015 16:00:00	1056,22	58,27	5,35	0	780,52
23/08/2015 18:40:00	1056,25	58,15	3,25	0,01	923,24
23/08/2015 21:20:00	1056,14	59,52	3,91	0	1013,56
24/08/2015 00:00:00	1056,27	58,28	4,11	0	1092,45
24/08/2015 02:40:00	1055,95	58,02	3,8	0	1070,36
24/08/2015 05:20:00	1052,51	49,33	3,79	0,01	808,87
24/08/2015 08:00:00	1029,35	53,98	3,25	0,01	771,27

24/08/2015 10:40:00	1035,09	54,92	3,68	0	860,31
24/08/2015 13:20:00	988,29	58,5	3,83	0	980,83
24/08/2015 16:00:00	1003,12	60,02	3,28	0	987,4
24/08/2015 18:40:00	1030,4	60,49	3,54	0	972,29
24/08/2015 21:20:00	1041,74	58,29	3,94	0	961,64
25/08/2015 00:00:00	1052,55	56,75	3,47	0	944,48
25/08/2015 02:40:00	1055,16	54,08	4,01	0	917,8
25/08/2015 05:20:00	995,43	51,38	5,18	0	838,19
25/08/2015 08:00:00	185,84	48,8	14,35	0,09	227,22
25/08/2015 10:40:00	51,61	32,09	22,86	0	5,43
25/08/2015 13:20:00	41,79	0	22,93	0	1,9
25/08/2015 16:00:00	41,94	0	22,81	0	4,28
25/08/2015 18:40:00	7,37	0	22,71	0	16,25
25/08/2015 21:20:00	3,74	0	22,67	0	21,6
26/08/2015 00:00:00	2,1	0	22,64	0	22,74
26/08/2015 02:40:00	2,67	0	22,62	0	22,79
26/08/2015 05:20:00	1,47	0	22,6	0	22,56
26/08/2015 08:00:00	1,99	0	22,57	0	22,2
26/08/2015 10:40:00	0	0	22,55	0	21,59
26/08/2015 13:20:00	0	0	22,54	0	21,3
26/08/2015 16:00:00	0	0	22,52	0	20,74
26/08/2015 18:40:00	0	0	22,51	0	20,51
26/08/2015 21:20:00	0	0	22,49	0	20,2
27/08/2015 00:00:00	0	0	22,48	0	19,72

27/08/2015 02:40:00	0	0	22,47	0	19,54
27/08/2015 05:20:00	0	0	22,45	0	19,49
27/08/2015 08:00:00	0	0	22,43	0	19,29
27/08/2015 10:40:00	0	0	22,42	0	18,86
27/08/2015 13:20:00	0	0	22,42	0	18,65
27/08/2015 16:00:00	0	0	22,41	0	18,56
27/08/2015 18:40:00	0	0	22,4	0	18,56
27/08/2015 21:20:00	0	0	22,4	0	18,56
28/08/2015 00:00:00	0	0	22,39	0	18,42
28/08/2015 02:40:00	0	0	22,38	0	18,28
28/08/2015 05:20:00	0	0	22,38	0	18,11
28/08/2015 08:00:00	0	0	22,36	0	17,77
28/08/2015 10:40:00	0	0	22,35	0	17,81
28/08/2015 13:20:00	0	0	22,35	0	17,58
28/08/2015 16:00:00	0	0	22,35	0	17,58
28/08/2015 18:40:00	0	0	22,35	0	17,58
28/08/2015 21:20:00	0	0	22,34	0	17,58
29/08/2015 00:00:00	0	0	22,34	0	17,58
29/08/2015 02:40:00	0	0	22,34	0	17,58
29/08/2015 05:20:00	0	0	22,33	0	17,54
29/08/2015 08:00:00	0	0	22,32	0	17,41
29/08/2015 10:40:00	0	0	22,31	0	17,46
29/08/2015 13:20:00	0	0	22,31	0	17,09
29/08/2015 16:00:00	0	0	22,32	0	17,14

29/08/2015 18:40:00	0	0	22,32	0	17,23
29/08/2015 21:20:00	0	0	22,31	0	17,14
30/08/2015 00:00:00	0	0	0	0	0
30/08/2015 02:40:00	0	0	0	0	0
30/08/2015 05:20:00	0	0	0	0	0
30/08/2015 08:00:00	0	0	0	0	0
30/08/2015 10:40:00	0	0	-1,72	-1,72	-1,72
30/08/2015 13:20:00	0	0	-1,72	-1,72	-1,72
30/08/2015 16:00:00	0	0	-1,72	-1,72	-1,72
30/08/2015 18:40:00	0	0	-1,72	-1,72	-1,72
30/08/2015 21:20:00	0	0	23,26	0	15,75
31/08/2015 00:00:00	0	0	22,27	0	12,62
31/08/2015 02:40:00	0	0	22,29	0	14,85
31/08/2015 05:20:00	0	0	22,31	0	15,99
31/08/2015 08:00:00	0	0	22,31	0	16,28
31/08/2015 10:40:00	0	0	22,31	0	16,44
31/08/2015 13:20:00	0	0	22,32	0	16,61
31/08/2015 16:00:00	0	0	22,33	0	16,61
31/08/2015 18:40:00	0	0	22,34	0	16,61
31/08/2015 21:20:00	0	0	22,34	0	16,74
09/01/2015 0:00	0	0	22,34	0	16,79
09/01/2015 2:40	0	0	22,34	0	16,61
09/01/2015 5:20	0	0	22,34	0	16,44
09/01/2015 8:00	0	0	22,34	0	16,35

09/01/2015 10:40	0	0	22,34	0	16,43
09/01/2015 13:20	0	0	22,34	0	16,13
09/01/2015 16:00	0	0	22,34	0	16,12
09/01/2015 18:40	0	0	22,34	0	16,12
09/01/2015 21:20	0	0	22,34	0	16,25
09/02/2015 0:00	0	0	22,35	0	16,19
09/02/2015 2:40	0	0	22,35	0	16,22
09/02/2015 5:20	0	0	22,35	0	16,16
09/02/2015 8:00	0	0	22,34	0	16,12
09/02/2015 10:40	0	0	22,34	0	16,12
09/02/2015 13:20	0	0	22,35	0	16,07
09/02/2015 16:00	0	0	22,35	0	16,07
09/02/2015 18:40	0	0	22,35	0	16,12
09/02/2015 21:20	0	0	22,35	0	16,12
09/03/2015 0:00	0	0	22,35	0	16,12
09/03/2015 2:40	0	0	22,35	0	16,07
09/03/2015 5:20	0	0	22,35	0	16,07
09/03/2015 8:00	0	0	22,35	0	15,92
09/03/2015 10:40	0	0	22,34	0	15,81
09/03/2015 13:20	0	0	22,34	0	15,77
09/03/2015 16:00	0	0	22,34	0	15,54
09/03/2015 18:40	0	0	22,34	0	15,67
09/03/2015 21:20	0	0	22,34	0	15,77
09/04/2015 0:00	0	0	22,34	0	15,77

09/04/2015 2:40	0	0	22,34	0	15,81
09/04/2015 5:20	0	0	22,34	0	15,63
09/04/2015 8:00	0	0	22,34	0	15,63
09/04/2015 10:40	0	0	22,34	0	15,58
09/04/2015 13:20	0	0	22,34	0	15,49
09/04/2015 16:00	0	0	22,34	0	15,32
09/04/2015 18:40	0	0	22,34	0	15,42
09/04/2015 21:20	0	0	22,34	0	15,32
09/05/2015 0:00	0	0	22,34	0	15,53
09/05/2015 2:40	0	0	22,34	0	15,21
09/05/2015 5:20	0	0	22,34	0	15,41
09/05/2015 8:00	0	0	22,34	0	15,24
09/05/2015 10:40	0	0	22,34	0	15,14
09/05/2015 13:20	0	0	22,34	0	15,14
09/05/2015 16:00	0	0	22,34	0	15,14
09/05/2015 18:40	0	0	22,34	0	15,14
09/05/2015 21:20	0	0	22,34	0	15,14
09/06/2015 0:00	0	0	22,34	0	15,14
09/06/2015 2:40	0	0	22,34	0	15,14
09/06/2015 5:20	0	0	22,34	0	15,14
09/06/2015 8:00	0	0	22,34	0	15,14
09/06/2015 10:40	0	0	22,34	0	15,14
09/06/2015 13:20	0	0	22,35	0	15,12
09/06/2015 16:00	0	0	22,35	0	15,11

09/06/2015 18:40	0	0	22,35	0	15,11
09/06/2015 21:20	0	0	22,34	0	15,12
09/07/2015 0:00	0	0	22,34	0	15,14
09/07/2015 2:40	0	0	22,35	0	15,09
09/07/2015 5:20	0	0	22,35	0	15,09
09/07/2015 8:00	0	0	22,35	0	14,92
09/07/2015 10:40	0	0	22,35	0	14,74
09/07/2015 13:20	0	0	22,35	0	14,74
09/07/2015 16:00	0	0	22,36	0	14,74
09/07/2015 18:40	0	0	22,35	0	14,85
09/07/2015 21:20	0	0	22,35	0	14,87
09/08/2015 0:00	0	0	22,35	0	15,04
09/08/2015 2:40	0	0	22,35	0	14,91
09/08/2015 5:20	0	0	22,36	0	14,82
09/08/2015 8:00	0	0	22,35	0	14,79
09/08/2015 10:40	0	0	22,35	0	14,71
09/08/2015 13:20	0	0	22,35	0	14,61
09/08/2015 16:00	0	0	22,36	0	14,61
09/08/2015 18:40	0	0	22,36	0	14,56
09/08/2015 21:20	0	0	22,36	0	14,61
09/09/2015 0:00	0	0	22,36	0	14,65
09/09/2015 2:40	0	0	22,36	0	14,65
09/09/2015 5:20	0	0	22,36	0	14,54
09/09/2015 8:00	0	0	22,36	0	14,44

09/09/2015 10:40	0	0	22,36	0	14,35
09/09/2015 13:20	0	0	22,36	0	14,16
09/09/2015 16:00	0	0	22,37	0	14,3
09/09/2015 18:40	0	0	22,36	0	14,28
09/09/2015 21:20	0	0	22,36	0	14,51
09/10/2015 0:00	0	0	22,36	0	14,34
09/10/2015 2:40	0	0	22,36	0	14,27
09/10/2015 5:20	0	0	22,36	0	14,3
09/10/2015 8:00	0	0	22,35	0	14,16
09/10/2015 10:40	0	0	22,35	0	14,16
09/10/2015 13:20	0	0	22,35	0	14,16
09/10/2015 16:00	0	0	22,36	0	14,16
09/10/2015 18:40	0	0	22,36	0	14,16
09/10/2015 21:20	0	0	22,36	0	14,16
09/11/2015 0:00	0	0	22,36	0	14,16
09/11/2015 2:40	0	0	22,36	0	14,16
09/11/2015 5:20	0	0	22,37	0	14,16
09/11/2015 8:00	0	0	22,36	0	14,16
09/11/2015 10:40	0	0	22,36	0	14,16
09/11/2015 13:20	0	0	22,36	0	14,05
09/11/2015 16:00	0	0	22,37	0	14,09
09/11/2015 18:40	0	0	22,37	0	14,12
09/11/2015 21:20	0	0	22,37	0	14,16
09/12/2015 0:00	0	0	22,37	0	14,16

09/12/2015 2:40	0	0	22,37	0	14,16
09/12/2015 5:20	0	0	22,37	0	14,16
09/12/2015 8:00	0	0	22,37	0	14,13
09/12/2015 10:40	0	0	22,36	0	14,02
09/12/2015 13:20	0	0	22,36	0	13,89
09/12/2015 16:00	0	0	22,37	0	13,75
09/12/2015 18:40	0	0	22,37	0	13,93
09/12/2015 21:20	0	0	22,37	0	13,98
13/09/2015 00:00:00	0	0	22,36	0	13,84
13/09/2015 02:40:00	0	0	22,37	0	13,88
13/09/2015 05:20:00	0	0	22,37	0	13,77
13/09/2015 08:00:00	0	0	22,36	0	13,91
13/09/2015 10:40:00	0	0	22,36	0	13,63
13/09/2015 13:20:00	3,47	0,03	22,37	0	13,58
13/09/2015 16:00:00	11,82	0,12	22,37	0	13,48
13/09/2015 18:40:00	318,18	0,66	22,37	0	13,6
13/09/2015 21:20:00	31,66	0,04	22,37	0	13,67
14/09/2015 00:00:00	0	0	22,37	0	13,67
14/09/2015 02:40:00	0	0	22,37	0	13,59
14/09/2015 05:20:00	0	0	22,37	0	13,54
14/09/2015 08:00:00	0	0	22,37	0	13,58
14/09/2015 10:40:00	0	0	22,37	0	13,32
14/09/2015 13:20:00	3,94	0,06	22,37	0	13,33
14/09/2015 16:00:00	141,31	0,76	22,37	0	13,2

14/09/2015 18:40:00	19,8	0,65	22,37	0	13,4
14/09/2015 21:20:00	0	0	22,37	0	13,4
15/09/2015 00:00:00	0	0	22,36	0	13,41
15/09/2015 02:40:00	0	0	22,37	0	13,23
15/09/2015 05:20:00	0	0	22,37	0	13,46
15/09/2015 08:00:00	0	0	22,37	0	13,23
15/09/2015 10:40:00	0	0	22,37	0	13,19
15/09/2015 13:20:00	0	0	22,37	0	13,19
15/09/2015 16:00:00	0	0	22,37	0	13,19
15/09/2015 18:40:00	0	0	22,37	0	13,19
15/09/2015 21:20:00	0	0	22,36	0	13,23
16/09/2015 00:00:00	0	0	22,36	0	13,23
16/09/2015 02:40:00	0	0	22,37	0	13,19
16/09/2015 05:20:00	0	0	22,37	0	13,19
16/09/2015 08:00:00	0	0	22,37	0	13,19
16/09/2015 10:40:00	0	0	22,36	0	13,19
16/09/2015 13:20:00	0	0	22,37	0	13,19
16/09/2015 16:00:00	0	0	22,37	0	13,19
16/09/2015 18:40:00	0	0	22,37	0	13,19
16/09/2015 21:20:00	0	0	22,37	0	13,19
17/09/2015 00:00:00	0	0	22,37	0	13,19
17/09/2015 02:40:00	0	0	22,37	0	13,23
17/09/2015 05:20:00	0	0	22,37	0	13,19
17/09/2015 08:00:00	0	0	22,37	0	13,19

17/09/2015 10:40:00	0	0	22,37	0	13,1
17/09/2015 13:20:00	0	0	22,37	0	13,14
17/09/2015 16:00:00	0	0	22,37	0	13,1
17/09/2015 18:40:00	0	0	22,37	0	13,18
17/09/2015 21:20:00	0	0	22,37	0	13,19
18/09/2015 00:00:00	0	0	22,37	0	13,19
18/09/2015 02:40:00	0	0	22,37	0	13,14
18/09/2015 05:20:00	0	0	22,37	0	13,05
18/09/2015 08:00:00	0	0	22,37	0	12,98
18/09/2015 10:40:00	0	0	22,37	0	12,89
18/09/2015 13:20:00	0	0	22,38	0	12,92
18/09/2015 16:00:00	0	0	22,39	0	12,79
18/09/2015 18:40:00	0	0	22,39	0	13,11
18/09/2015 21:20:00	0	0	22,38	0	12,96
19/09/2015 00:00:00	0	0	22,39	0	13,03
19/09/2015 02:40:00	0	0	22,39	0	12,79
19/09/2015 05:20:00	0	0	22,39	0	12,88
19/09/2015 08:00:00	0	0	22,39	0	12,65
19/09/2015 10:40:00	0	0	22,39	0	12,83
19/09/2015 13:20:00	0	0	22,39	0	12,46
19/09/2015 16:00:00	0	0	22,39	0	12,67
19/09/2015 18:40:00	0	0	22,39	0	12,7
19/09/2015 21:20:00	0	0	22,39	0	12,74
20/09/2015 00:00:00	0	0	22,39	0	12,51

20/09/2015 02:40:00	0	0	22,39	0	12,58
20/09/2015 05:20:00	0	0	22,39	0	12,39
20/09/2015 08:00:00	0	0	22,39	0	12,39
20/09/2015 10:40:00	0	0	22,39	0	12,35
20/09/2015 13:20:00	0	0	22,39	0	12,35
20/09/2015 16:00:00	0	0	22,4	0	12,3
20/09/2015 18:40:00	0	0	22,4	0	12,26
20/09/2015 21:20:00	0	0	22,4	0	12,35
21/09/2015 00:00:00	0	0	22,4	0	12,21
21/09/2015 02:40:00	0	0	22,41	0	12,26
21/09/2015 05:20:00	0	0	22,41	0	12,26
21/09/2015 08:00:00	0	0	22,4	0	12,21
21/09/2015 10:40:00	0	0	22,4	0	12,21
21/09/2015 13:20:00	0	0	22,41	0	12,21
21/09/2015 16:00:00	0	0	22,41	0	12,16
21/09/2015 18:40:00	0	0	22,42	0	12,21
21/09/2015 21:20:00	0	0	22,42	0	12,21
22/09/2015 00:00:00	0	0	22,42	0	12,21
22/09/2015 02:40:00	0	0	22,42	0	12,21
22/09/2015 05:20:00	0	0	22,42	0	12,16
22/09/2015 08:00:00	0	0	22,42	0	12,21
22/09/2015 10:40:00	0	0	22,42	0	12,21
22/09/2015 13:20:00	0	0	22,42	0	12,06
22/09/2015 16:00:00	0	0	22,43	0	12,03

22/09/2015 18:40:00	0	0	22,43	0	12,07
22/09/2015 21:20:00	0	0	22,43	0	12,21
23/09/2015 00:00:00	0	0	22,43	0	12,08
23/09/2015 02:40:00	0	0	22,43	0	12,15
23/09/2015 05:20:00	0	0	22,43	0	12,12
23/09/2015 08:00:00	0	0	22,42	0	12,12
23/09/2015 10:40:00	0	0	22,42	0	11,87
23/09/2015 13:20:00	646,33	1,05	22,43	0	11,68
23/09/2015 16:00:00	126,16	0,2	22,44	0	11,68
23/09/2015 18:40:00	0	0	22,43	0	11,68
23/09/2015 21:20:00	0	0	22,43	0	11,67
24/09/2015 00:00:00	0	0	22,43	0	11,68
24/09/2015 02:40:00	0	0	22,43	0	11,58
24/09/2015 05:20:00	0	0	22,43	0	11,49
24/09/2015 08:00:00	0	0	22,43	0	11,39
24/09/2015 10:40:00	0	0	22,43	0	11,23
24/09/2015 13:20:00	0	0	22,43	0	11,23
24/09/2015 16:00:00	0	0	22,44	0	11,23
24/09/2015 18:40:00	0	0	22,44	0	11,23
24/09/2015 21:20:00	0	0	22,43	0	11,19
25/09/2015 00:00:00	0	0	22,43	0	11,23
25/09/2015 02:40:00	0	0	22,43	0	11,16
25/09/2015 05:20:00	0	0	22,43	0	11,13
25/09/2015 08:00:00	0	0	22,43	0	11,1

25/09/2015 10:40:00	0	0	22,42	0	10,91
25/09/2015 13:20:00	0	0	22,43	0	11,05
25/09/2015 16:00:00	0	0	22,43	0	11,06
25/09/2015 18:40:00	0	0	22,43	0	10,86
25/09/2015 21:20:00	0	0	22,43	0	10,97
26/09/2015 00:00:00	0	0	22,43	0	11,07
26/09/2015 02:40:00	0	0	22,43	0	10,91
26/09/2015 05:20:00	0	0	22,43	0	10,9
26/09/2015 08:00:00	0	0	22,43	0	10,92
26/09/2015 10:40:00	0	0	22,42	0	10,89
26/09/2015 13:20:00	0	0	22,43	0	10,7
26/09/2015 16:00:00	0	0	22,44	0	10,7
26/09/2015 18:40:00	0	0	22,44	0	10,56
26/09/2015 21:20:00	0	0	22,43	0	10,75
27/09/2015 00:00:00	0	0	22,43	0	10,79
27/09/2015 02:40:00	0	0	22,44	0	10,6
27/09/2015 05:20:00	0	0	22,44	0	10,57
27/09/2015 08:00:00	0	0	22,43	0	10,59
27/09/2015 10:40:00	0	0	22,43	0	10,58
27/09/2015 13:20:00	0	0	22,44	0	10,51
27/09/2015 16:00:00	0	0	22,44	0	10,45
27/09/2015 18:40:00	0	0	22,44	0	10,44
27/09/2015 21:20:00	0	0	22,44	0	10,56
28/09/2015 00:00:00	0	0	22,44	0	10,55

28/09/2015 02:40:00	0	0	22,44	0	10,57
28/09/2015 05:20:00	0	0	22,44	0	10,33
28/09/2015 08:00:00	0	0	22,44	0	10,28
28/09/2015 10:40:00	0	0	22,43	0	10,22
28/09/2015 13:20:00	0	0	22,44	0	9,97
28/09/2015 16:00:00	0	0	22,44	0	10,03
28/09/2015 18:40:00	0	0	22,45	0	10,32
28/09/2015 21:20:00	0	0	22,44	0	10,24
29/09/2015 00:00:00	0	0	22,44	0	10,4
29/09/2015 02:40:00	0	0	22,44	0	10,12
29/09/2015 05:20:00	0	0	22,44	0	10,29
29/09/2015 08:00:00	0	0	22,44	0	10,3
29/09/2015 10:40:00	0	0	22,44	0	10,15
29/09/2015 13:20:00	0	0	22,44	0	9,9
29/09/2015 16:00:00	0	0	22,45	0	10,14
29/09/2015 18:40:00	0	0	22,47	0	10,02
29/09/2015 21:20:00	0	0	22,8	0	4,68
30/09/2015 00:00:00	0	0	23,04	0	0
30/09/2015 02:40:00	0	0	23,04	0	0
30/09/2015 05:20:00	0	0	23,06	0	0
30/09/2015 08:00:00	0	0	21,51	0	0,57
30/09/2015 10:40:00	1,01	0	21,2	0	0,88
30/09/2015 13:20:00	0,81	0	20,35	0	3,12
30/09/2015 16:00:00	0,01	0	19,94	0	3,87

30/09/2015 18:40:00	0,01	0	18,67	0	9,36
30/09/2015 21:20:00	0,01	0	17,08	0	13,59
10/01/2015 0:00	0,01	0	15,08	0	12,76
10/01/2015 2:40	0,01	0	12,62	0	13,76
10/01/2015 5:20	0,02	0	10,48	0	27,29
10/01/2015 8:00	0,02	0	9,86	0	40,57
10/01/2015 10:40	0,02	0	13,49	0	34,93
10/01/2015 13:20	0,02	0	12,34	0	39,84
10/01/2015 16:00	0,02	0	13,37	0	38,22
10/01/2015 18:40	0,02	0	13,31	0	38,48
10/01/2015 21:20	0,02	0	12,55	0	42,34
10/02/2015 0:00	0,02	0	11,43	0,11	96,93
10/02/2015 2:40	0,02	0	7,41	0,81	150,46
10/02/2015 5:20	0,09	2,63	9,96	0,52	138,1
10/02/2015 8:00	0,09	15,38	9,72	0,39	142,99
10/02/2015 10:40	0,5	57,81	3,78	0,04	392,77
10/02/2015 13:20	1,52	72,16	5,69	0	1377,81
10/02/2015 16:00	1,43	76,58	6,53	0	1889,84
10/02/2015 18:40	1,81	61,42	8,42	0	1630,78
10/02/2015 21:20	1,8	67,8	5,89	0	1859,02
10/03/2015 0:00	1,81	66,16	5,5	0	1853,62
10/03/2015 2:40	1,79	61,83	6,69	0	1888,9
10/03/2015 5:20	1,76	67,17	3,41	0,01	1962,19
10/03/2015 8:00	1,79	69,03	3,75	0	1978,59

10/03/2015 10:40	1,81	63,77	6,96	0	1885,66
10/03/2015 13:20	1,62	58,3	6,77	0,01	1618,75
10/03/2015 16:00	1,76	67,69	6,25	0	1825,97
10/03/2015 18:40	1,79	58,38	6,8	0	1703,04
10/03/2015 21:20	1,7	62,11	5,22	0	1679,67
10/04/2015 0:00	1,62	60,56	4,7	0	1542,38
10/04/2015 2:40	1,62	65,69	3,47	0,01	1567,28
10/04/2015 5:20	1,64	66,87	4,58	0	1703,79
10/04/2015 8:00	1,64	71,68	3,96	0	1655,77
10/04/2015 10:40	1,77	74,02	4,97	0	1339,04
10/04/2015 13:20	2,05	73,09	9,94	0	790,49
10/04/2015 16:00	2	64,94	21,81	0	53,45
10/04/2015 18:40	1,98	65,64	21,82	0	36,52
10/04/2015 21:20	1,98	63,46	21,81	0	29,49
10/05/2015 0:00	2	66,41	21,8	0	25,34
10/05/2015 2:40	2,01	71,01	21,8	0	22,38
10/05/2015 5:20	2,01	71,19	21,8	0	20,2
10/05/2015 8:00	2,07	72,24	21,8	0	18,47
10/05/2015 10:40	2,1	71,75	11,45	0	572,57
10/05/2015 13:20	2,47	66,97	6,94	0	661,01
10/05/2015 16:00	2,58	67,76	8,42	0,02	632,11
10/05/2015 18:40	2,88	65,57	21,86	0	41,55
10/05/2015 21:20	2,91	61,57	21,89	0	30,33
10/06/2015 0:00	2,52	63,36	21,89	0	24,8

10/06/2015 2:40	2,86	69,53	21,89	0	21,35
10/06/2015 5:20	2,93	67,82	21,89	0	19,02
10/06/2015 8:00	2,94	70,27	21,89	0	17,44
10/06/2015 10:40	1,09	25,14	21,9	0	16,32
10/06/2015 13:20	0,15	19,54	21,86	0	13,97
10/06/2015 16:00	1,63	65,93	21,85	0	13,35
10/06/2015 18:40	2,97	64,81	9,88	0	512,19
10/06/2015 21:20	2,92	64,42	6,93	0	107,37
10/07/2015 0:00	2,9	66,41	7,12	0	65,11
10/07/2015 2:40	2,9	69,8	7,35	0	50,11
10/07/2015 5:20	2,6	69,69	7,61	0	41,82
10/07/2015 8:00	2,13	74,83	7,88	0	36,47
10/07/2015 10:40	2,16	70,69	8,15	0	32,59
10/07/2015 13:20	2,16	67,22	8,45	0	29,82
10/07/2015 16:00	2,13	70,16	7,54	0	397,66
10/07/2015 18:40	2,13	70,16	7,52	0	1563,32
10/07/2015 21:20	0,69	40,27	22,24	0	59,35
10/08/2015 0:00	2,07	67,72	10,43	0	989,44
10/08/2015 2:40	2,26	67,38	6,12	0	1674,96
10/08/2015 5:20	2,32	68,14	6,74	0	1521,46
10/08/2015 8:00	2,64	67,44	7,2	0	920,74
10/08/2015 10:40	2,9	71,83	5,26	0	492,72
10/08/2015 13:20	2,6	79,48	5,26	0	118,45
10/08/2015 16:00	2,87	72,92	5,52	0	80,07

10/08/2015 18:40	2,9	69,93	5,79	0	63,38
10/08/2015 21:20	2,9	69,13	6,08	0	52,82
10/09/2015 0:00	2,9	71,92	6,38	0	45,82
10/09/2015 2:40	2,91	73,98	6,7	0	40,79
10/09/2015 5:20	2,9	74,85	7,02	0	36,84
10/09/2015 8:00	2,91	74,88	7,36	0	33,86
10/09/2015 10:40	2,92	73,84	7,7	0	31,34
10/09/2015 13:20	2,89	77,49	5,85	0	607,27
10/09/2015 16:00	2,92	74,76	5,47	0	211,38
10/09/2015 18:40	2,37	78,65	5,72	0	86,86
10/09/2015 21:20	2,86	75,9	5,25	0	251,64
10/10/2015 0:00	2,83	73,52	4,89	0	109,15
10/10/2015 2:40	2,94	73,4	5,12	0	72,32
10/10/2015 5:20	2,93	71,79	5,38	0	57,38
10/10/2015 8:00	2,89	74,18	11,39	0	523,2
10/10/2015 10:40	2,83	72,18	21,72	0	40,44
10/10/2015 13:20	2,8	75,23	21,79	0	27,22
10/10/2015 16:00	2,83	71,07	21,82	0	22,04
10/10/2015 18:40	2,8	72,89	21,82	0	18,94
10/10/2015 21:20	2,8	70,7	21,82	0	16,86
10/11/2015 0:00	2,85	72,91	21,83	0	15,34
10/11/2015 2:40	2,86	71,31	21,84	0	14,01
10/11/2015 5:20	2,86	73,28	21,85	0	13,13
10/11/2015 8:00	2,86	70,98	21,86	0	12,26

10/11/2015 10:40	2,86	72,22	21,87	0	11,65
10/11/2015 13:20	2,86	70,43	21,89	0	11,27
10/11/2015 16:00	2,86	69,84	21,91	0	10,89
10/11/2015 18:40	2,86	68,88	21,92	0	10,63
10/11/2015 21:20	2,86	68,29	21,93	0	10,35
10/12/2015 0:00	2,87	65,01	21,94	0	10,1
10/12/2015 2:40	2,87	67,28	21,97	0	9,8
10/12/2015 5:20	2,86	69,39	21,99	0	9,53
10/12/2015 8:00	2,87	67,29	22	0	9,32
10/12/2015 10:40	2,87	67,1	22,02	0	9,1
10/12/2015 13:20	2,87	66,61	8,83	0	560,4
10/12/2015 16:00	2,88	66,77	4,97	0	131,67
10/12/2015 18:40	2,9	63,56	5,24	0	84,45
10/12/2015 21:20	2,9	63,2	5,54	0	63,47
13/10/2015 00:00:00	2,9	64,02	5,85	0	50,9
13/10/2015 02:40:00	2,9	65,2	6,17	0	42,8
13/10/2015 05:20:00	2,9	67,14	6,51	0	37,28
13/10/2015 08:00:00	2,9	66,08	6,86	0	33,08
13/10/2015 10:40:00	2,9	64,88	5,79	0	596,5
13/10/2015 13:20:00	2,9	67,96	5,08	0	156,07
13/10/2015 16:00:00	2,86	66,31	5,68	0	489,5
13/10/2015 18:40:00	1,72	67,87	5,84	0	139,79
13/10/2015 21:20:00	2,68	65,02	6,04	0	83,25
14/10/2015 00:00:00	2,9	65,48	6,29	0	63,36

14/10/2015 02:40:00	2,89	66,06	6,55	0	51,55
14/10/2015 05:20:00	2,89	63,96	6,83	0	43,83
14/10/2015 08:00:00	2,86	66,72	7,13	0	38,33
14/10/2015 10:40:00	2,86	67,93	7,43	0	34,34
14/10/2015 13:20:00	2,86	70,77	7,75	0	31,3
14/10/2015 16:00:00	2,86	69,83	8,06	0	29,04
14/10/2015 18:40:00	2,86	66,72	8,37	0	27,18
14/10/2015 21:20:00	2,86	69,19	8,69	0	25,52
15/10/2015 00:00:00	2,86	69,46	9,01	0	24,03
15/10/2015 02:40:00	2,86	68,12	9,33	0	22,79
15/10/2015 05:20:00	2,86	71,54	9,66	0	21,6
15/10/2015 08:00:00	2,87	70,78	9,99	0	20,52
15/10/2015 10:40:00	2,82	69,23	8,88	0	214,09
15/10/2015 13:20:00	2,64	72,29	5,29	0	950,53
15/10/2015 16:00:00	2,9	66,54	4,65	0	1660,31
15/10/2015 18:40:00	2,9	65,53	5,14	0	1897,15
15/10/2015 21:20:00	2,9	66,72	5,48	0	1650,63
16/10/2015 00:00:00	2,9	66,23	5,2	0	1654,47
16/10/2015 02:40:00	2,9	71,69	8,49	0	1110,7
16/10/2015 05:20:00	2,9	70,63	21,56	0	53,36
16/10/2015 08:00:00	2,9	69,44	21,6	0	34,64
16/10/2015 10:40:00	2,9	68,13	15,43	0	578,33
16/10/2015 13:20:00	2,9	67,34	4,24	0	1612,48
16/10/2015 16:00:00	2,9	72,1	4,31	0	1527,55

16/10/2015 18:40:00	2,9	70,3	20,94	0	142,49
16/10/2015 21:20:00	2,9	72,63	21,94	0	38,67
17/10/2015 00:00:00	2,9	68,46	21,94	0	29,27
17/10/2015 02:40:00	2,9	74,95	21,95	0	23,87
17/10/2015 05:20:00	2,9	68,7	21,95	0	20,25
17/10/2015 08:00:00	2,8	69,3	21,95	0	17,65
17/10/2015 10:40:00	2,9	75,03	21,95	0	15,85
17/10/2015 13:20:00	2,9	69,43	21,97	0	16,64
17/10/2015 16:00:00	2,73	72,49	21,98	0	13,56
17/10/2015 18:40:00	2,9	73,55	21,99	0	12,85
17/10/2015 21:20:00	2,9	70,42	21,99	0	12,1
18/10/2015 00:00:00	2,9	70,98	22	0	11,48
18/10/2015 02:40:00	2,9	71,22	22,02	0	10,94
18/10/2015 05:20:00	2,89	73,15	22,03	0	10,47
18/10/2015 08:00:00	2,84	71,62	22,05	0	10,05
18/10/2015 10:40:00	2,91	68,83	22,06	0	9,68
18/10/2015 13:20:00	2,9	70,86	22,08	0	9,46
18/10/2015 16:00:00	2,9	70,42	22,1	0	9,36
18/10/2015 18:40:00	2,9	69,41	22,1	0	9,26
18/10/2015 21:20:00	2,91	69	22,1	0	9,14
19/10/2015 00:00:00	2,91	68,69	22,12	0	8,89
19/10/2015 02:40:00	2,9	70,62	22,14	0	8,55
19/10/2015 05:20:00	2,9	68,53	22,16	0	8,37
19/10/2015 08:00:00	2,86	72,1	22,17	0	8,18

19/10/2015 10:40:00	2,9	71,92	18,63	0	145,83
19/10/2015 13:20:00	2,9	69,33	6,21	0	510,9
19/10/2015 16:00:00	1,74	50,34	20,17	0,13	47,6
19/10/2015 18:40:00	0,06	0	22,88	0	7,58
19/10/2015 21:20:00	0,01	0	22,94	0	0
20/10/2015 00:00:00	0,01	0	22,94	0	0
20/10/2015 02:40:00	0,01	0	22,95	0	0
20/10/2015 05:20:00	0,01	0	22,96	0	0
20/10/2015 08:00:00	0	0	22,95	0	0
20/10/2015 10:40:00	0	0	22,95	0	0
20/10/2015 13:20:00	0	0	22,96	0	0
20/10/2015 16:00:00	0,14	0,13	22,97	0	0
20/10/2015 18:40:00	0,38	0,34	22,97	0	0
20/10/2015 21:20:00	0,27	0,15	22,96	0	0
21/10/2015 00:00:00	0	0	22,95	0	0
21/10/2015 02:40:00	0	0	22,96	0	0
21/10/2015 05:20:00	0	0	22,96	0	0
21/10/2015 08:00:00	0	0	22,95	0	0
21/10/2015 10:40:00	0	0	22,95	0	0
21/10/2015 13:20:00	0	0	22,95	0	0
21/10/2015 16:00:00	0	0	22,96	0	0
21/10/2015 18:40:00	0	0	22,96	0	0
21/10/2015 21:20:00	0	0	22,95	0	0
22/10/2015 00:00:00	0	0	22,94	0	0

22/10/2015 02:40:00	0	0	22,95	0	0
22/10/2015 05:20:00	0	0	22,96	0	0
22/10/2015 08:00:00	0	0	22,94	0	0
22/10/2015 10:40:00	0	0	22,84	0	0
22/10/2015 13:20:00	0,02	0,04	22,76	0	0
22/10/2015 16:00:00	0	0,02	22,75	0	0,51
22/10/2015 18:40:00	0	0	22,74	0	2,43
22/10/2015 21:20:00	0	0	22,72	0	3,75
23/10/2015 00:00:00	0	0	22,71	0	4,59
23/10/2015 02:40:00	0	0	22,7	0	4,93
23/10/2015 05:20:00	0	0	22,69	0	5,53
23/10/2015 08:00:00	0	0	22,67	0	6
23/10/2015 10:40:00	0,01	0,03	22,66	0	6,11
23/10/2015 13:20:00	0,16	0,11	22,66	0	6,32
23/10/2015 16:00:00	0	0	22,66	0	6,5
23/10/2015 18:40:00	0	0	22,65	0	6,68
23/10/2015 21:20:00	0	0	22,64	0	6,76
24/10/2015 00:00:00	0	0	22,64	0	6,8
24/10/2015 02:40:00	0	0	22,64	0	6,88
24/10/2015 05:20:00	0	0	22,63	0	6,93
24/10/2015 08:00:00	0	0	22,62	0	7,02
24/10/2015 10:40:00	0	0	22,61	0	6,99
24/10/2015 13:20:00	0	0	22,61	0	6,95
24/10/2015 16:00:00	0	0	22,61	0	7,01

24/10/2015 18:40:00	0	0	22,61	0	7,05
24/10/2015 21:20:00	0	0	22,6	0	7,04
25/10/2015 00:00:00	0	0	22,6	0	6,96
25/10/2015 02:40:00	0	0	22,6	0	6,92
25/10/2015 05:20:00	0	0	22,6	0	6,94
25/10/2015 08:00:00	0	0	22,59	0	7
25/10/2015 10:40:00	0	0	22,58	0	6,97
25/10/2015 13:20:00	0	0	22,59	0	6,84
25/10/2015 16:00:00	0	0	22,59	0	6,86
25/10/2015 18:40:00	0	0	22,59	0	6,91
25/10/2015 21:20:00	0	0	22,58	0	6,93
26/10/2015 00:00:00	0	0	22,58	0	6,87
26/10/2015 02:40:00	0	0	22,58	0	6,9
26/10/2015 05:20:00	0	0	22,57	0	6,94
26/10/2015 08:00:00	0	0	22,56	0	6,94
26/10/2015 10:40:00	0	0	22,56	0	6,87
26/10/2015 13:20:00	0	0	22,56	0	6,8
26/10/2015 16:00:00	0	0	22,57	0	6,78
26/10/2015 18:40:00	0,01	0	22,57	0	6,81
26/10/2015 21:20:00	0,01	0	22,57	0	6,8
27/10/2015 00:00:00	0,01	0	22,57	0	6,76
27/10/2015 02:40:00	0,01	0	22,57	0	6,72
27/10/2015 05:20:00	0,01	0	22,57	0	6,71
27/10/2015 08:00:00	0,01	0	22,56	0	6,72

27/10/2015 10:40:00	0,01	0	19,46	0	12,35
27/10/2015 13:20:00	0,02	0	11,9	0	31,54
27/10/2015 16:00:00	0,02	0	14,4	0,06	39,44
27/10/2015 18:40:00	0,01	0	3,38	1,02	126,34
27/10/2015 21:20:00	0,03	0	10,58	0,17	173,71
28/10/2015 00:00:00	0,08	6,01	14,32	0,33	80,54
28/10/2015 02:40:00	0,08	23,88	12,24	0,68	118,62
28/10/2015 05:20:00	0,43	63,84	4,49	0,02	354,24
28/10/2015 08:00:00	0,25	14,25	19,27	0	93,68
28/10/2015 10:40:00	0,07	16,21	20,54	0,12	19,1
28/10/2015 13:20:00	0,11	27,22	21,78	0	3,23
28/10/2015 16:00:00	0,04	21,92	8,37	0,2	48,09
28/10/2015 18:40:00	0,26	40,04	9,26	0,25	138,05
28/10/2015 21:20:00	0,07	34,48	22,91	0	0

	kiln coal feed rate (t/h)	total kiln feed	kiln shell T 10-20 m	kiln shell T 20-30 m	kiln shell T 30-40 m	kiln shell T 40-50 m	kiln shell T 50-60m
<i>Time</i>	483PW1FT725	ILC/SLC_FEED	K1_HTemp01	K1_HTemp02	K1_HTemp03	K1_HTemp04	K1Htemp55
<i>Y-max</i>	30	800	600	600	700	600	600
<i>Y-min</i>	0	200	100	100	100	100	100
<i>Unit</i>	t/h	t/h	degC	degC	degC	degC	degC
08/07/2015 0:00	10,55	527,64	341,71	324,31	377,95	371,68	335,14
08/07/2015 2:40	10,58	533,93	337,86	329,91	385,68	375,21	339,49
08/07/2015 5:20	11,26	535,03	334,02	330,96	396,18	390,6	337,14
08/07/2015 8:00	11,71	534,07	342,83	328,71	401,93	397,29	325,5
08/07/2015 10:40	12,97	533,37	348,95	324,16	395,4	388,27	309,63
08/07/2015 13:20	12,95	533,19	352,87	324,55	396,71	385,78	315,12
08/07/2015 16:00	12,95	535,3	354,63	324,39	395,53	382,42	321,65
08/07/2015 18:40	11,72	535,98	354,53	330,9	390,62	380,63	326,42
08/07/2015 21:20	12,19	534,1	348,51	349,37	381,43	371,73	328,18
08/08/2015 0:00	13,5	534,61	348,83	342,19	383,23	375,64	328,89
08/08/2015 2:40	13,54	531,67	344,25	334,84	376,86	364,67	330,89
08/08/2015 5:20	13,54	532,95	339,65	323,37	376,55	364,31	325,77
08/08/2015 8:00	14,65	509,1	328,76	317,03	390,73	383,91	322,96
08/08/2015 10:40	13,14	406,21	321,55	332,63	390,79	383,62	328,45
08/08/2015 13:20	13,84	506,16	326,98	353,77	383,22	372,31	334,83
08/08/2015 16:00	12,9	535,09	323,76	338,68	393,35	386,4	342,42
08/08/2015 18:40	13,76	534,43	318,45	326,28	396,34	389,51	340,24
08/08/2015 21:20	13,83	529,65	341,27	324,44	391,21	382,83	338,51
08/09/2015 0:00	13,84	531,79	349,8	317,55	389,32	382,95	339,85

08/09/2015 2:40	14,28	531,94	354,96	316,39	388,25	380,59	340,83
08/09/2015 5:20	14,25	531,64	353,87	325,08	390,25	381,84	345,5
08/09/2015 8:00	14,14	530,77	356,04	340,36	388,01	380,59	347,47
08/09/2015 10:40	14,33	534,07	358,68	327,75	385,44	379,32	345
08/09/2015 13:20	14,3	533,6	359,26	316,2	388,74	381,68	346,43
08/09/2015 16:00	14,32	532,16	360,23	313,02	390,51	380,2	355,5
08/09/2015 18:40	12,6	474,3	360,49	312,25	396,76	389,86	357,62
08/09/2015 21:20	11,36	442,45	368,01	302,69	397,29	392,54	358,23
08/10/2015 0:00	11,93	474,65	373,88	289,94	393,62	389,08	354,14
08/10/2015 2:40	13,06	483,8	376,24	299,33	400,89	396,46	351,69
08/10/2015 5:20	13,71	501,58	375,48	312,97	401,8	396,98	352,81
08/10/2015 8:00	14,09	511,3	375,79	319,6	398,68	390,9	353,5
08/10/2015 10:40	14,42	536,88	370,88	320,31	391,75	384,81	348,76
08/10/2015 13:20	14,99	537,42	368,92	320,03	390,79	385,7	343,63
08/10/2015 16:00	14,82	537,04	368,55	322,55	393,46	388,34	355,07
08/10/2015 18:40	14,82	534,09	368,2	322,54	395,03	389,89	359,91
08/10/2015 21:20	14,72	553,26	375,1	319,23	396,98	390,59	356,29
08/11/2015 0:00	14,74	535,69	371,68	320,59	397,21	391,84	355,66
08/11/2015 2:40	14,93	485,47	371,81	320,64	396,43	391,59	353,92
08/11/2015 5:20	12,58	480,72	374,72	321,94	397,96	393,69	353,66
08/11/2015 8:00	11,54	478,47	378,58	325,5	396,65	390,37	353,04
08/11/2015 10:40	11,55	477,11	370,52	324,45	391,78	385,8	345,46
08/11/2015 13:20	11,85	480,2	372,15	325,49	393,08	387,02	346,09
08/11/2015 16:00	11,86	478,53	363,25	324,21	388,98	384,22	345,25
08/11/2015 18:40	11,43	434,96	367,73	321,12	393,17	387,93	352,15

08/11/2015 21:20	13,52	503,64	365,38	320,55	388,02	382,66	355,88
08/12/2015 0:00	14,42	532,43	374,43	317,74	389,71	384,79	355,67
08/12/2015 2:40	14,24	531,03	366,35	317,57	380,21	374,68	357,67
08/12/2015 5:20	14,22	528,31	362,59	319,92	378,69	371,35	363,73
08/12/2015 8:00	14,22	531,02	358,14	317,16	379,43	371,36	365,5
08/12/2015 10:40	14,18	533,32	359,52	315,68	375,8	369,79	363,17
08/12/2015 13:20	14	534,01	354,62	315,99	384,54	378,05	364,62
08/12/2015 16:00	15,5	534,23	354,54	309,71	392,55	386,96	363,2
08/12/2015 18:40	16,58	550,8	360,77	312,8	389,16	381,38	360,17
08/12/2015 21:20	16,61	556,57	356,07	318,11	389,56	383,05	353,76
13/08/2015 00:00:00	16,61	557,67	349,4	321,37	393,31	388,26	352,31
13/08/2015 02:40:00	16,61	556,34	348,56	322,16	394,42	389,58	353,85
13/08/2015 05:20:00	16,61	556,91	348,25	317,38	396,11	391,11	354,21
13/08/2015 08:00:00	16,4	557,89	351,19	316,39	389,23	382,87	355,09
13/08/2015 10:40:00	16,32	560,4	349,64	334,22	392,5	387,91	352,52
13/08/2015 13:20:00	16,3	578,61	355,13	327,85	395,29	390,24	348,83
13/08/2015 16:00:00	16,08	574,4	359,91	329,73	391,26	386,47	347,4
13/08/2015 18:40:00	15,98	561,99	355,8	351,83	389,25	385,22	344,71
13/08/2015 21:20:00	15,5	562,3	353,89	351,8	387,65	382,66	341,19
14/08/2015 00:00:00	15,18	539,69	351,99	352,02	388,56	384,45	343,6
14/08/2015 02:40:00	15,14	536,73	354,16	335,61	390,56	386,44	343,22
14/08/2015 05:20:00	15,13	539,75	356,11	309,63	395,89	392,1	347,9
14/08/2015 08:00:00	15,21	536,03	355,82	299,67	394,32	390,31	350,05
14/08/2015 10:40:00	15,7	536,58	344,11	290,69	382,79	378,2	340,28
14/08/2015 13:20:00	15,7	535,37	364,33	309,05	399,86	395,26	357,23

14/08/2015 16:00:00	14,81	536,95	359,76	313,49	395,98	391,94	359,15
14/08/2015 18:40:00	13,92	508,96	357,51	315,25	397,58	393,14	357,33
14/08/2015 21:20:00	14,01	504,61	358,23	307,91	393,73	389,61	353,38
15/08/2015 00:00:00	14,54	534,33	359,68	301,56	391,69	388,4	350,99
15/08/2015 02:40:00	14,53	530,95	365,21	299,96	388,41	384,51	352,1
15/08/2015 05:20:00	14,54	542,01	363,02	297,46	386,71	383,74	355,4
15/08/2015 08:00:00	14,65	545,12	359,79	291,78	386,64	382,79	361,74
15/08/2015 10:40:00	14,54	546,38	357,34	289,84	381,7	378,21	354,77
15/08/2015 13:20:00	14,54	549,21	368,12	286,67	389,24	385,4	350,98
15/08/2015 16:00:00	14,4	514,12	376,31	283,64	392,91	388,94	355,27
15/08/2015 18:40:00	14,53	448,49	371,85	285,48	392,98	389,31	356,16
15/08/2015 21:20:00	13,5	402,57	366,23	292,73	389,73	386,61	359,26
16/08/2015 00:00:00	13,09	445,51	365,48	292,24	387,22	384,89	351,54
16/08/2015 02:40:00	13,94	453,56	375,21	296,19	390,6	387,72	354,17
16/08/2015 05:20:00	13,77	498,09	374,07	308,87	391,1	388,81	351,02
16/08/2015 08:00:00	12,7	429,89	373,37	310,2	390,51	388,05	344,15
16/08/2015 10:40:00	12,74	461,52	368,92	307,85	391,05	388,53	343,33
16/08/2015 13:20:00	12,84	452,69	369,92	310,26	391,12	388,59	345,28
16/08/2015 16:00:00	13,87	517,21	363,4	312,82	389,35	387,28	353,65
16/08/2015 18:40:00	13,98	509,2	366,48	307,69	388,35	386,24	356,25
16/08/2015 21:20:00	14,17	493,3	372,17	301,85	391,19	388,97	350,16
17/08/2015 00:00:00	14,37	491,57	371,66	298,6	392,85	390,25	349,53
17/08/2015 02:40:00	14,17	465,91	375,5	304,78	391,71	388,65	348,2
17/08/2015 05:20:00	12,92	411,08	372,69	309,32	389,62	387,09	343,59
17/08/2015 08:00:00	12,22	444,18	367,85	313,78	389,07	386,12	344,48

17/08/2015 10:40:00	12,08	446,46	367,8	308,34	392,04	387,5	342,8
17/08/2015 13:20:00	11,32	565,99	370,05	296,34	395,5	389,69	346,71
17/08/2015 16:00:00	10,66	585,32	365,75	299,53	391,09	382,37	345,69
17/08/2015 18:40:00	10,66	480,49	355,21	305,03	383,46	373,21	347,81
17/08/2015 21:20:00	10,66	487,32	354,46	310,62	380,45	375,78	355,91
18/08/2015 00:00:00	10,64	442,44	356,19	307,27	382,02	375,24	352,94
18/08/2015 02:40:00	9,58	464,83	350,81	304,97	371,41	362,61	352,88
18/08/2015 05:20:00	9,5	415,2	346,26	305,67	376,93	369,92	358,07
18/08/2015 08:00:00	10,57	422,76	341,43	305,34	389,57	381,69	358,21
18/08/2015 10:40:00	11,47	478,35	337,09	299,28	390,91	385,25	353,45
18/08/2015 13:20:00	12,14	509,11	340,67	296,78	392,17	387,31	354,58
18/08/2015 16:00:00	12,14	507,93	345,63	297,61	389,78	383,77	346,55
18/08/2015 18:40:00	12,14	509,64	346,05	302,45	387,21	381,39	349,24
18/08/2015 21:20:00	12,14	517,67	347,69	305,7	389,13	384,01	350,94
19/08/2015 00:00:00	12,14	533,69	359,69	298,51	391,2	386,52	353,15
19/08/2015 02:40:00	12,56	533,82	358,94	299,01	384,16	378,25	346,97
19/08/2015 05:20:00	13,59	532,86	350,77	296,57	385,53	379,72	345,4
19/08/2015 08:00:00	14,67	534,55	359,17	295,85	386,93	381,28	345,27
19/08/2015 10:40:00	14,69	543,78	349,79	300,54	377,11	370,02	336,21
19/08/2015 13:20:00	14,82	557,96	350,5	317,95	383,02	377,45	339,41
19/08/2015 16:00:00	14,82	558,91	351,33	321,01	390,16	384,66	345,66
19/08/2015 18:40:00	15,02	558,63	355,18	319,28	394,05	387,12	346,36
19/08/2015 21:20:00	15,13	560,24	358,23	317,23	393,21	388,27	345,98
20/08/2015 00:00:00	15,14	561,01	360,68	317,91	393,12	387,25	348,16
20/08/2015 02:40:00	14,63	512,74	361,21	313,13	396	390,08	347,54

20/08/2015 05:20:00	13,33	528,52	360,37	314,59	391,3	383,68	346,26
20/08/2015 08:00:00	14,47	533,35	361,64	312,8	396,53	390,98	344,93
20/08/2015 10:40:00	15,15	513,32	363,66	303,98	389,93	384,32	346,18
20/08/2015 13:20:00	14,53	486,59	359,02	302,4	385	376,7	347,77
20/08/2015 16:00:00	14,75	486,87	350,75	317,55	385,77	377,64	346,68
20/08/2015 18:40:00	15,03	496,47	347,1	312,34	385,88	374,86	350
20/08/2015 21:20:00	15,29	501,45	355,05	298,13	386,6	378,36	351,03
21/08/2015 00:00:00	15,63	531,45	362,25	288,03	384,6	377,5	353,4
21/08/2015 02:40:00	13,95	489,57	359,58	288	378,91	372	351,92
21/08/2015 05:20:00	14,82	504,88	359,63	293,55	380,12	375,14	354,06
21/08/2015 08:00:00	14,62	506,75	366,51	299,83	382,34	377,39	351,15
21/08/2015 10:40:00	14,19	479,35	366,34	312,41	383,15	376,83	350,65
21/08/2015 13:20:00	13,62	456,52	362,19	310,43	381,06	375,8	353,23
21/08/2015 16:00:00	14,29	503,65	351,5	311,23	379,02	373,68	350,9
21/08/2015 18:40:00	14,41	522,34	350,48	311,05	380,06	370,64	350,37
21/08/2015 21:20:00	14,7	545,94	354,59	309,81	380,09	372,41	348,39
22/08/2015 00:00:00	14,82	557,63	360,29	309,64	381,41	373,29	351,15
22/08/2015 02:40:00	15,18	559,6	361,45	310,37	389,53	384,51	353,74
22/08/2015 05:20:00	15,13	560,57	368,27	311,12	389,17	384,97	354,67
22/08/2015 08:00:00	15,17	560,1	371,68	314,44	388,34	384,31	354,6
22/08/2015 10:40:00	14,85	557,53	359,39	310,5	381,81	376,06	346,28
22/08/2015 13:20:00	14,69	559,47	358,89	307,91	386,54	379,23	343,89
22/08/2015 16:00:00	13,7	559,16	354,79	308,21	388,67	382,88	345,02
22/08/2015 18:40:00	13,1	558,57	358,36	304,66	388,45	383,42	345,29
22/08/2015 21:20:00	13,48	560,6	364,38	306,51	388,18	382,95	346,8

23/08/2015 00:00:00	13,7	557,77	358,32	305,09	391,62	387,13	352,14
23/08/2015 02:40:00	14,21	558,9	369,24	296,72	391,11	385,61	354,85
23/08/2015 05:20:00	14,54	557,68	369,41	298,3	391,68	387,13	356,44
23/08/2015 08:00:00	14,54	558,08	367,84	306,86	394,51	389,42	357,61
23/08/2015 10:40:00	14,54	554,2	364,84	307,16	387,55	382,78	348,01
23/08/2015 13:20:00	14,54	545,92	361,96	313,9	391,43	386,23	350,21
23/08/2015 16:00:00	14,54	544,8	354,76	312,38	391,93	385,53	348,92
23/08/2015 18:40:00	14,54	540,61	350,43	318,33	391,82	385,38	347,39
23/08/2015 21:20:00	14,54	538,14	355,93	334,45	391,56	386,14	348,61
24/08/2015 00:00:00	14,53	539,49	348,72	317,5	388,61	382,95	350,17
24/08/2015 02:40:00	14,54	537,9	347,2	302,42	390,2	384,29	352,38
24/08/2015 05:20:00	14,54	537,93	358,47	299,64	393,52	388,15	355,47
24/08/2015 08:00:00	14,8	536,05	366,45	291,6	385,65	381,3	353,57
24/08/2015 10:40:00	14,82	536,32	358,38	291,41	384,9	379,98	342,89
24/08/2015 13:20:00	15,11	489,38	360,02	304,42	389,95	385,49	350,3
24/08/2015 16:00:00	15,14	522,27	354,38	310,8	387,56	381,85	354,31
24/08/2015 18:40:00	15,13	529,2	354,32	313,35	389,65	385,02	356,15
24/08/2015 21:20:00	15,86	559,39	358,56	314,62	390,85	385,63	356,07
25/08/2015 00:00:00	17,21	565,11	357,04	307,98	387,85	382,15	352,52
25/08/2015 02:40:00	17,81	571,82	353,41	303,37	385,83	380,29	352,27
25/08/2015 05:20:00	17,67	515,2	355,07	299,29	384,69	378,13	352,95
25/08/2015 08:00:00	17,65	92,91	371,7	292,92	386,6	378,18	352,61
25/08/2015 10:40:00	0	0	346,24	287,33	363,27	353,44	332,99
25/08/2015 13:20:00	0	0	280,04	257,71	309,19	300,2	293,22
25/08/2015 16:00:00	0	0	230,81	222,92	266,33	255,07	250,8

25/08/2015 18:40:00	0	0	205,73	204,08	227,07	214,11	208,45
25/08/2015 21:20:00	0	0	190,83	192,74	199,07	183,27	178,19
26/08/2015 00:00:00	0	0	179,39	183,22	179,91	161,92	158,71
26/08/2015 02:40:00	0	0	168,24	171,57	163,76	146,58	143,62
26/08/2015 05:20:00	0	0	158,27	160,31	149,49	136,58	134,23
26/08/2015 08:00:00	0	0	149,49	150	138,41	129,69	128,37
26/08/2015 10:40:00	0	0	144,52	145,27	134,7	126,15	126,27
26/08/2015 13:20:00	0	0	140,72	141,26	131,78	124,17	124,85
26/08/2015 16:00:00	0	0	137,12	137,79	129,55	122,97	123,68
26/08/2015 18:40:00	0	0	133,08	133,69	127,2	120,72	122,1
26/08/2015 21:20:00	0	0	129,51	130,41	125,02	119,06	120,62
27/08/2015 00:00:00	0	0	126,71	127,85	123,85	118,41	120,33
27/08/2015 02:40:00	0	0	125,02	126,49	122,58	117,71	119,78
27/08/2015 05:20:00	0	0	123,64	125,1	122,03	117,24	119,37
27/08/2015 08:00:00	0	0	122,25	124,25	121,64	116,55	118,95
27/08/2015 10:40:00	0	0	121,64	123,81	121,55	116,57	118,96
27/08/2015 13:20:00	0	0	121,7	123,96	121,68	116,91	119,66
27/08/2015 16:00:00	0	0	121,31	123,55	121,45	117,2	120,04
27/08/2015 18:40:00	0	0	120,59	122,77	120,91	116,26	119,12
27/08/2015 21:20:00	0	0	119,86	121,94	120,18	115,56	118,75
28/08/2015 00:00:00	0	0	118,9	121,38	119,69	115,22	118,24
28/08/2015 02:40:00	0	0	118,32	120,56	118,69	114,68	117,9
28/08/2015 05:20:00	0	0	118,1	120,49	118,97	115,07	117,65
28/08/2015 08:00:00	0	0	117,94	120,57	118,74	114,82	117,91
28/08/2015 10:40:00	0	0	117,79	120,47	118,82	114,94	118,28

28/08/2015 13:20:00	0	0	118,18	120,84	119,37	115,28	118,5
28/08/2015 16:00:00	0	0	118,65	121,41	119,88	115,75	119,23
28/08/2015 18:40:00	0	0	117,94	120,87	119,41	115,05	118,65
28/08/2015 21:20:00	0	0	117,63	120,7	118,91	114,93	117,89
29/08/2015 00:00:00	0	0	117,19	120,44	118,77	114,56	118,09
29/08/2015 02:40:00	0	0	116,97	120,2	118,29	114,46	117,75
29/08/2015 05:20:00	0	0	117,09	119,97	118,79	114,54	117,96
29/08/2015 08:00:00	0	0	117,05	120,22	118,31	114,87	117,66
29/08/2015 10:40:00	0	0	118,9	121,62	119,72	115,67	119,6
29/08/2015 13:20:00	0	0	117,71	120,87	119,32	115,36	118,54
29/08/2015 16:00:00	0	0	118,4	121,19	120,37	115,92	119,3
29/08/2015 18:40:00	0	0	117,23	120,56	119,1	115,19	118,14
29/08/2015 21:20:00	0	0	117,44	120,06	118,94	114,21	117,7
30/08/2015 00:00:00	0	0	117,33	120,19	118,25	114,5	117,71
30/08/2015 02:40:00	0	0	116,53	119,71	118,3	114,36	117,37
30/08/2015 05:20:00	0	0	116,55	119,46	117,95	114,12	117,42
30/08/2015 08:00:00	0	0	117,55	120,03	118,09	114,46	117,91
30/08/2015 10:40:00	0	0	124	120	116	116	120
30/08/2015 13:20:00	0	0	124	120	116	116	120
30/08/2015 16:00:00	0	0	124	120	116	116	120
30/08/2015 18:40:00	0	0	124	120	116	116	120
30/08/2015 21:20:00	0	0	115,11	113,77	110,76	109,21	112,93
31/08/2015 00:00:00	0	0	116,75	120,44	118,42	114,32	118,12
31/08/2015 02:40:00	0	0	117,08	120,27	118,58	114,6	118,47
31/08/2015 05:20:00	0	0	117,23	120,46	118,49	114,28	118,32

31/08/2015 08:00:00	0	0	117,37	120,62	118,66	114,68	118,32
31/08/2015 10:40:00	0	0	117,79	120,84	119,16	115,15	118,8
31/08/2015 13:20:00	0	0	111,89	114,69	113,25	109,25	112,86
31/08/2015 16:00:00	0	0	119,2	122,19	120,93	116,32	119,97
31/08/2015 18:40:00	0	0	117,7	121,02	119,28	114,89	119,26
31/08/2015 21:20:00	0	0	116,57	120,56	118,75	114,46	118,02
09/01/2015 0:00	0	0	116,62	120,17	118,88	114,35	118,17
09/01/2015 2:40	0	0	116,39	120,07	118,68	114,02	117,81
09/01/2015 5:20	0	0	116,45	120,27	118,56	114,16	117,63
09/01/2015 8:00	0	0	116,73	120,25	118,33	114,29	117,96
09/01/2015 10:40	0	0	110,5	114,09	113,3	109,07	111,23
09/01/2015 13:20	0	0	110,45	113,71	114,7	110,83	110,8
09/01/2015 16:00	0	0	118,41	121,82	122,33	118,67	118,41
09/01/2015 18:40	0	0	118,27	121,05	121,56	117,58	117,82
09/01/2015 21:20	0	0	117,1	120,2	120,57	116,81	116,96
09/02/2015 0:00	0	0	116,89	119,47	120,36	116,05	116,94
09/02/2015 2:40	0	0	116,69	119,45	120,04	116,21	116,73
09/02/2015 5:20	0	0	116,62	119,06	119,9	116,53	116,56
09/02/2015 8:00	0	0	116,57	119,29	120,25	116,54	116,48
09/02/2015 10:40	0	0	117,38	120,09	120,18	116,84	117,28
09/02/2015 13:20	0	0	117,92	120,42	121,27	117,48	117,59
09/02/2015 16:00	0	0	118,5	123,89	128,95	119,53	118,34
09/02/2015 18:40	0	0	117,9	120,68	121,44	117,25	117,98
09/02/2015 21:20	0	0	116,92	119,89	120,58	116,71	117,11
09/03/2015 0:00	0	0	117	121,44	120,21	116,72	116,63

09/03/2015 2:40	0	0	116,57	119,24	120,29	116,31	116,69
09/03/2015 5:20	0	0	116,62	119,99	120,11	116,16	116,77
09/03/2015 8:00	0	0	116,54	119,37	120,23	116,49	116,79
09/03/2015 10:40	0	0	117,38	120,31	121,02	117,08	117,09
09/03/2015 13:20	0	0	117,62	120,36	121,63	117,59	117,69
09/03/2015 16:00	0	0	118,08	125,54	130,31	118,79	118,04
09/03/2015 18:40	0	0	117,37	120,1	120,81	116,95	117,37
09/03/2015 21:20	0	0	116,81	119,86	120,11	116,52	116,73
09/04/2015 0:00	0	0	116,95	119,5	120,45	116,15	116,65
09/04/2015 2:40	0	0	116,46	119,65	120,23	116,34	116,65
09/04/2015 5:20	0	0	116,49	119,41	119,79	116,3	116,46
09/04/2015 8:00	0	0	116,64	119,18	120,33	116,36	116,66
09/04/2015 10:40	0	0	116,71	119,24	119,65	116,47	116,49
09/04/2015 13:20	0	0	117,36	119,82	120,38	117,04	117,22
09/04/2015 16:00	0	0	118,15	120,47	121,3	117,59	118,12
09/04/2015 18:40	0	0	117,1	119,86	120,3	116,7	117,04
09/04/2015 21:20	0	0	116,34	118,85	119,78	115,91	116,65
09/05/2015 0:00	0	0	116,34	118,92	119,66	115,93	116,21
09/05/2015 2:40	0	0	116,45	119,47	120,32	116,31	116,64
09/05/2015 5:20	0	0	116,63	118,99	119,45	116,19	116,82
09/05/2015 8:00	0	0	116,35	119,19	119,91	116,23	116,25
09/05/2015 10:40	0	0	118,08	119,47	120,13	116,6	116,96
09/05/2015 13:20	0	0	118,06	120,61	121,18	117,43	117,73
09/05/2015 16:00	0	0	118,07	120,65	121	117,75	119,02
09/05/2015 18:40	0	0	117,29	119,77	120,41	116,47	117,49

09/05/2015 21:20	0	0	116,47	119,19	119,96	116,06	116,21
09/06/2015 0:00	0	0	116,78	119,35	119,73	116,03	116,5
09/06/2015 2:40	0	0	116,5	119,11	119,93	116,2	116,27
09/06/2015 5:20	0	0	116,3	119,42	119,87	116,18	116,9
09/06/2015 8:00	0	0	116,65	119,46	120,34	116,45	117,03
09/06/2015 10:40	0	0	117,28	119,72	120,66	116,74	117,24
09/06/2015 13:20	0	0	118,02	120,71	121,05	117,54	117,94
09/06/2015 16:00	0	0	118,62	121,61	122,21	118,53	118,6
09/06/2015 18:40	0	0	118,03	120,68	121,43	117,57	117,71
09/06/2015 21:20	0	0	117,11	120	120,69	116,87	117,1
09/07/2015 0:00	0	0	116,73	119,63	120,7	116,63	116,74
09/07/2015 2:40	0	0	116,86	119,79	120,38	116,16	116,46
09/07/2015 5:20	0	0	116,53	119,7	120,01	116,26	116,74
09/07/2015 8:00	0	0	116,74	119,39	120,25	116,41	116,67
09/07/2015 10:40	0	0	117,22	119,73	120,19	116,35	116,96
09/07/2015 13:20	0	0	117,95	120,45	121,05	117,51	118,09
09/07/2015 16:00	0	0	118,43	121,53	122,23	118,16	118,42
09/07/2015 18:40	0	0	117,55	120,59	121,41	117,21	117,7
09/07/2015 21:20	0	0	116,58	119,85	120,84	116,52	116,82
09/08/2015 0:00	0	0	116,59	119,47	120,29	116,41	116,55
09/08/2015 2:40	0	0	116,97	119,21	120,14	116,57	116,88
09/08/2015 5:20	0	0	116,55	119,53	120,1	116,19	116,42
09/08/2015 8:00	0	0	116,4	119,1	119,84	116,25	116,54
09/08/2015 10:40	0	0	117,08	119,27	119,85	116,4	117,02
09/08/2015 13:20	0	0	117,88	120,31	120,94	116,78	117,64

09/08/2015 16:00	0	0	118,25	120,63	121,18	117,76	118,14
09/08/2015 18:40	0	0	117,42	120,16	120,69	116,95	117,2
09/08/2015 21:20	0	0	116,66	119,3	119,9	116,49	116,56
09/09/2015 0:00	0	0	116,53	119,62	120,1	115,99	116,5
09/09/2015 2:40	0	0	116,61	119,4	119,85	115,96	116,49
09/09/2015 5:20	0	0	116,55	119,2	119,88	116,01	116,78
09/09/2015 8:00	0	0	116,79	119,34	119,81	116,09	116,47
09/09/2015 10:40	0	0	117,21	119,79	120,29	116,71	117,22
09/09/2015 13:20	0	0	118,29	121,42	122,1	117,88	118,43
09/09/2015 16:00	0	0	118,68	121,68	122,24	118,16	118,26
09/09/2015 18:40	0	0	117,46	120,68	121,22	117,05	117,55
09/09/2015 21:20	0	0	116,98	120,05	120,71	116,71	117,06
09/10/2015 0:00	0	0	116,63	119,81	120,53	116,23	116,58
09/10/2015 2:40	0	0	116,8	119,72	120,31	116,55	116,74
09/10/2015 5:20	0	0	116,69	119,47	120,5	116,73	117,01
09/10/2015 8:00	0	0	116,79	119,83	120,26	116,26	116,67
09/10/2015 10:40	0	0	116,8	119,92	120,52	116,8	117,03
09/10/2015 13:20	0	0	117,65	120,54	121,12	117,12	117,92
09/10/2015 16:00	0	0	118,33	121,51	122,16	117,82	118,24
09/10/2015 18:40	0	0	117,37	120,02	121,03	117,1	117,39
09/10/2015 21:20	0	0	116,9	119,57	120,29	116,18	116,8
09/11/2015 0:00	0	0	116,77	119,9	120,6	116,72	116,95
09/11/2015 2:40	0	0	117,1	119,72	120,47	116,71	116,71
09/11/2015 5:20	0	0	116,76	119,37	119,96	115,66	116,46
09/11/2015 8:00	0	0	116,36	118,86	119,91	116,39	116,48

09/11/2015 10:40	0	0	117,22	120,06	120,42	116,36	117,11
09/11/2015 13:20	0	0	117,66	120,63	121,53	117,4	117,52
09/11/2015 16:00	0	0	118,16	121,54	122,05	117,89	117,89
09/11/2015 18:40	0	0	117,99	120,66	121,38	117,39	117,79
09/11/2015 21:20	0	0	117,1	120,27	120,58	117,06	117,37
09/12/2015 0:00	0	0	116,69	119,66	120,16	116,53	116,76
09/12/2015 2:40	0	0	116,13	118,51	119,36	115,59	116,02
09/12/2015 5:20	0	0	116,01	118,74	119,72	115,33	116,44
09/12/2015 8:00	0	0	116,65	119,29	120,26	116,1	116,49
09/12/2015 10:40	0	0	117,08	119,47	120,24	116,04	116,6
09/12/2015 13:20	0	0	117,8	121,03	121,5	117,33	117,85
09/12/2015 16:00	0	0	118,28	121,22	122,2	118,17	118,1
09/12/2015 18:40	0	0	117,66	120,59	121,44	117,29	117,5
09/12/2015 21:20	0	0	116,6	120,06	120,43	116,76	117,02
13/09/2015 00:00:00	0	0	116,89	119,78	120,44	116,48	116,79
13/09/2015 02:40:00	0	0	115,98	119,35	120,29	116,59	116,45
13/09/2015 05:20:00	0	0	116,37	119,35	120,09	116,09	116,67
13/09/2015 08:00:00	0	0	116,52	119,59	120,11	116,64	116,67
13/09/2015 10:40:00	0	0	116,83	119,91	120,52	116,66	117,01
13/09/2015 13:20:00	0	0	117,57	120,4	121,05	117,2	117,57
13/09/2015 16:00:00	0	0	117,94	121,19	121,89	117,94	117,8
13/09/2015 18:40:00	0	0	117,82	120,56	120,97	116,96	117,16
13/09/2015 21:20:00	0	0	116,89	119,69	120,59	116,27	116,64
14/09/2015 00:00:00	0	0	116,45	119,35	119,55	115,97	116,14
14/09/2015 02:40:00	0	0	116,6	119,15	119,7	116,15	116,43

14/09/2015 05:20:00	0	0	115,91	118,91	119,69	115,71	116,26
14/09/2015 08:00:00	0	0	116,22	119,14	119,61	116	116,19
14/09/2015 10:40:00	0	0	116,96	119,45	120,4	116,55	116,93
14/09/2015 13:20:00	0	0	117,1	119,62	120,27	116,78	117,48
14/09/2015 16:00:00	0	0	117,83	120,04	120,71	117,18	117,63
14/09/2015 18:40:00	0	0	117,21	119,46	119,74	116,39	116,82
14/09/2015 21:20:00	0	0	116,25	118,8	119,25	115,99	116,36
15/09/2015 00:00:00	0	0	116,49	118,93	119,22	115,56	116,11
15/09/2015 02:40:00	0	0	116,55	118,73	119,41	115,36	116,49
15/09/2015 05:20:00	0	0	116,22	118,64	119,04	115,3	116,14
15/09/2015 08:00:00	0	0	115,83	118,51	119,3	115,42	116,29
15/09/2015 10:40:00	0	0	117,13	119,57	120,35	116,8	116,8
15/09/2015 13:20:00	0	0	118,18	121,69	121,8	117,71	117,64
15/09/2015 16:00:00	0	0	118,58	121,74	122,35	118,17	118,57
15/09/2015 18:40:00	0	0	115,72	118,2	118,71	114,84	115,18
15/09/2015 21:20:00	0	0	116,82	119,68	120,75	116,72	116,55
16/09/2015 00:00:00	0	0	117,05	119,88	120,55	116,52	117,02
16/09/2015 02:40:00	0	0	116,88	120,01	120,76	116,4	116,94
16/09/2015 05:20:00	0	0	116,83	120,16	120,49	116,36	117,02
16/09/2015 08:00:00	0	0	117,35	120,04	120,77	116,49	117,17
16/09/2015 10:40:00	0	0	117,43	120,29	120,95	116,72	117,51
16/09/2015 13:20:00	0	0	117,58	120,5	121,38	117,32	117,75
16/09/2015 16:00:00	0	0	118,48	121,75	122,39	118,34	118,11
16/09/2015 18:40:00	0	0	117,78	120,97	121,74	117,3	117,6
16/09/2015 21:20:00	0	0	116,74	119,83	120,27	116,45	116,66

17/09/2015 00:00:00	0	0	117,12	119,72	120,46	116,52	116,81
17/09/2015 02:40:00	0	0	117,02	119,65	120,47	116,38	117,12
17/09/2015 05:20:00	0	0	116,75	119,49	120,21	116,27	116,83
17/09/2015 08:00:00	0	0	116,4	119,13	119,67	115,87	116,51
17/09/2015 10:40:00	0	0	117,16	120,01	120,59	116,85	116,75
17/09/2015 13:20:00	0	0	117,94	121,07	121,36	117,4	117,74
17/09/2015 16:00:00	0	0	118,58	121,61	122,31	118,3	118,24
17/09/2015 18:40:00	0	0	117,87	120,81	121,45	117,52	117,47
17/09/2015 21:20:00	0	0	116,82	120,09	120,76	116,57	116,86
18/09/2015 00:00:00	0	0	117,25	120,03	120,71	116,74	117
18/09/2015 02:40:00	0	0	116,86	119,67	120,39	116,14	116,71
18/09/2015 05:20:00	0	0	116,5	119,37	119,65	116	116,3
18/09/2015 08:00:00	0	0	116,46	119,24	119,93	116,04	116,67
18/09/2015 10:40:00	0	0	117,27	120,31	121,04	117,05	117,45
18/09/2015 13:20:00	0	0	118,04	121,26	121,96	117,88	118,12
18/09/2015 16:00:00	0	0	118,13	121,56	122,09	118,13	118,35
18/09/2015 18:40:00	0	0	117,43	120,69	121,46	117,45	117,68
18/09/2015 21:20:00	0	0	117,32	120,38	121,07	117,08	117,33
19/09/2015 00:00:00	0	0	117,06	119,6	120,43	116,69	116,71
19/09/2015 02:40:00	0	0	116,89	119,14	120,17	116,39	116,18
19/09/2015 05:20:00	0	0	116,39	119,3	120,11	116,07	116,46
19/09/2015 08:00:00	0	0	115,96	119,18	120,02	116,13	116,56
19/09/2015 10:40:00	0	0	116,62	119,65	119,95	116,57	116,71
19/09/2015 13:20:00	0	0	117,87	121,12	121,55	117,7	117,79
19/09/2015 16:00:00	0	0	118,55	121,71	122,47	118,36	118,38

19/09/2015 18:40:00	0	0	117,38	120,59	121,39	117,32	117,65
19/09/2015 21:20:00	0	0	116,94	120,24	121,17	116,86	116,91
20/09/2015 00:00:00	0	0	116,92	120,09	120,5	116,61	116,84
20/09/2015 02:40:00	0	0	116,91	119,91	120,49	116,74	117,05
20/09/2015 05:20:00	0	0	116,71	120,01	120,31	116,71	116,86
20/09/2015 08:00:00	0	0	117,03	119,88	120,74	116,82	116,88
20/09/2015 10:40:00	0	0	117,47	120,41	120,95	117,14	117,81
20/09/2015 13:20:00	0	0	117,99	121,33	121,98	117,88	118,38
20/09/2015 16:00:00	0	0	118,67	121,93	122,39	118,41	118,5
20/09/2015 18:40:00	0	0	117,71	120,64	121,38	117,28	117,5
20/09/2015 21:20:00	0	0	117,14	120,15	120,95	117,1	117,45
21/09/2015 00:00:00	0	0	117,09	120,11	120,89	116,97	116,89
21/09/2015 02:40:00	0	0	116,95	119,84	120,54	116,73	116,59
21/09/2015 05:20:00	0	0	116,09	119,43	120,14	116,1	116,6
21/09/2015 08:00:00	0	0	116,49	119,1	120,09	115,88	116,33
21/09/2015 10:40:00	0	0	117,31	120	120,68	117,11	117,38
21/09/2015 13:20:00	0	0	118,28	121,28	121,79	117,52	118,06
21/09/2015 16:00:00	0	0	118,83	121,76	122,27	118,6	118,6
21/09/2015 18:40:00	0	0	117,7	120,73	121,45	117,7	117,62
21/09/2015 21:20:00	0	0	117	120,23	120,82	116,95	116,96
22/09/2015 00:00:00	0	0	117,01	119,95	120,8	116,75	116,79
22/09/2015 02:40:00	0	0	116,21	119,32	119,9	115,97	116,49
22/09/2015 05:20:00	0	0	116,28	119,1	119,7	115,64	116,53
22/09/2015 08:00:00	0	0	116,55	119,2	120,06	116,13	116,24
22/09/2015 10:40:00	0	0	117,66	120,75	121,01	117,44	117,49

22/09/2015 13:20:00	0	0	118,12	121,39	122,16	117,65	117,84
22/09/2015 16:00:00	0	0	118,69	122,21	122,73	118,89	118,38
22/09/2015 18:40:00	0	0	117,89	120,62	121,25	117,62	117,55
22/09/2015 21:20:00	0	0	117,36	120,27	120,66	116,78	117,16
23/09/2015 00:00:00	0	0	116,79	119,95	120,49	116,46	116,65
23/09/2015 02:40:00	0	0	116,58	119,19	120,04	115,99	116,43
23/09/2015 05:20:00	0	0	116,68	119,4	120,27	116,18	116,42
23/09/2015 08:00:00	0	0	116,6	119,19	119,77	116,12	116,34
23/09/2015 10:40:00	0	0	117,35	119,94	121,12	117,31	117,15
23/09/2015 13:20:00	0	0	118,07	121,22	121,85	117,95	117,73
23/09/2015 16:00:00	0	0	118,3	121,54	122,27	118,41	118,39
23/09/2015 18:40:00	0	0	117,93	120,62	121,64	117,64	117,5
23/09/2015 21:20:00	0	0	116,91	120,09	120,76	116,43	116,94
24/09/2015 00:00:00	0	0	116,57	119,49	120,05	116,43	116,68
24/09/2015 02:40:00	0	0	116,61	119,26	120,13	116,11	116,36
24/09/2015 05:20:00	0	0	116,51	119,29	119,87	116,09	116,44
24/09/2015 08:00:00	0	0	116,43	118,96	119,96	115,96	116,4
24/09/2015 10:40:00	0	0	117,1	120,23	120,47	116,54	116,95
24/09/2015 13:20:00	0	0	118,15	121,1	121,88	117,74	117,97
24/09/2015 16:00:00	0	0	118,77	121,82	122,27	118,05	118,48
24/09/2015 18:40:00	0	0	117,6	120,71	121,16	117,27	117,08
24/09/2015 21:20:00	0	0	116,92	120,2	120,5	116,47	116,72
25/09/2015 00:00:00	0	0	116,44	119,38	119,8	115,93	116,22
25/09/2015 02:40:00	0	0	116,62	119,06	119,53	115,73	116,29
25/09/2015 05:20:00	0	0	116,09	118,8	119,62	115,51	116,25

25/09/2015 08:00:00	0	0	116,32	118,73	119,74	115,87	116,29
25/09/2015 10:40:00	0	0	116,62	119,21	120,11	116,44	116,22
25/09/2015 13:20:00	0	0	117,93	121,02	121,51	117,34	117,84
25/09/2015 16:00:00	0	0	118,39	121,15	121,86	118	118,32
25/09/2015 18:40:00	0	0	117,49	120,87	121,31	117,33	117,73
25/09/2015 21:20:00	0	0	116,77	120,06	120,99	116,68	116,86
26/09/2015 00:00:00	0	0	117,13	119,97	120,71	116,65	116,87
26/09/2015 02:40:00	0	0	116,85	119,89	120,53	116,47	116,79
26/09/2015 05:20:00	0	0	116,68	119,29	120,08	115,9	116,73
26/09/2015 08:00:00	0	0	116,44	119,37	120,15	116,08	116,45
26/09/2015 10:40:00	0	0	117,27	120,27	120,93	117,27	117,31
26/09/2015 13:20:00	0	0	118,23	121,25	121,94	117,5	118,17
26/09/2015 16:00:00	0	0	118,09	121,38	121,99	118,11	117,95
26/09/2015 18:40:00	0	0	117,4	120,55	121,36	117,19	117,2
26/09/2015 21:20:00	0	0	117,19	120,29	120,85	117,01	117,24
27/09/2015 00:00:00	0	0	117,14	120,19	120,91	116,43	117,41
27/09/2015 02:40:00	0	0	117,07	120,26	120,68	116,81	117,14
27/09/2015 05:20:00	0	0	117,1	119,96	120,67	116,61	117,02
27/09/2015 08:00:00	0	0	117,15	120	120,77	116,33	117,11
27/09/2015 10:40:00	0	0	117,25	120,54	121,23	116,95	117,2
27/09/2015 13:20:00	0	0	118,02	121,08	121,94	117,8	118,14
27/09/2015 16:00:00	0	0	118,13	121,18	121,96	118,01	117,92
27/09/2015 18:40:00	0	0	117,28	120,57	121,11	116,94	117,52
27/09/2015 21:20:00	0	0	117,3	120,48	121,19	117,15	117,05
28/09/2015 00:00:00	0	0	116,99	120,26	120,44	116,35	116,93

28/09/2015 02:40:00	0	0	116,51	119,78	120,09	116,24	116,54
28/09/2015 05:20:00	0	0	116,78	119,6	119,81	115,73	116,55
28/09/2015 08:00:00	0	0	117,06	119,72	120,51	116,59	117,05
28/09/2015 10:40:00	0	0	117,43	120,32	120,87	117,1	117,15
28/09/2015 13:20:00	0	0	118,12	121,23	121,62	117,72	117,93
28/09/2015 16:00:00	0	0	117,57	121,1	121,8	117,89	117,68
28/09/2015 18:40:00	0	0	117,46	120,32	120,99	117,12	117,06
28/09/2015 21:20:00	0	0	116,66	120,05	120,66	116,45	116,54
29/09/2015 00:00:00	0	0	116,69	119,59	120,68	116,63	116,68
29/09/2015 02:40:00	0	0	116,81	119,52	119,92	116,47	116,83
29/09/2015 05:20:00	0	0	116,69	119,62	120,26	116,29	116,4
29/09/2015 08:00:00	0	0	116,66	119,56	120,02	116,53	116,78
29/09/2015 10:40:00	0	0	117,06	120,03	120,73	116,75	117,01
29/09/2015 13:20:00	0	0	117,87	121,05	121,43	117,41	118,03
29/09/2015 16:00:00	0	0	118,41	121,8	122,48	118,15	118,38
29/09/2015 18:40:00	0	0	117,74	120,53	121,31	117,21	117,09
29/09/2015 21:20:00	0	0	116,77	119,69	120,6	116,42	116,69
30/09/2015 00:00:00	0	0	116,94	120,07	120,72	116,78	116,7
30/09/2015 02:40:00	0	0	116,56	119,69	120,67	116,55	116,68
30/09/2015 05:20:00	0	0	117	119,52	120,58	116,47	116,46
30/09/2015 08:00:00	0	0	116,55	119,76	120,5	116,76	116,67
30/09/2015 10:40:00	0	0	117,37	120,23	121,17	117,51	117,15
30/09/2015 13:20:00	0	0	119,64	122,21	122,79	118,32	118,38
30/09/2015 16:00:00	0	0	122,74	124,59	124,43	119,41	119,27
30/09/2015 18:40:00	0	0	127,2	126,43	125,92	120,29	119,87

30/09/2015 21:20:00	0	0	135,69	131,55	129,26	122,33	121,46
10/01/2015 0:00	0	0	160,49	146,93	139,17	128,64	126,34
10/01/2015 2:40	0	0	204,71	177,65	159,5	142,64	135,9
10/01/2015 5:20	0	0	258,29	221,79	195,24	169,86	156,56
10/01/2015 8:00	0	0	287,34	255,08	226,3	199,59	179,26
10/01/2015 10:40	0	0	294,97	277,38	255,79	234,26	207,18
10/01/2015 13:20	0	0	314,09	290,16	273,52	258,09	232,69
10/01/2015 16:00	0	0	299,55	276,83	258,3	241,72	221,52
10/01/2015 18:40	0	0	309,48	286,32	269,45	248,54	229,19
10/01/2015 21:20	0	0	306,66	284,02	269,68	248,17	228,75
10/02/2015 0:00	0	0	305,16	285,56	269,92	248,6	229,06
10/02/2015 2:40	2,52	0	305,92	300,35	281,38	258,91	238,42
10/02/2015 5:20	3,87	11,49	320,56	321,78	305,39	276,96	251,42
10/02/2015 8:00	5,32	31,51	317,77	323,95	315,23	288,06	255,84
10/02/2015 10:40	10,63	180,49	314,37	325,94	322,61	296,63	255,8
10/02/2015 13:20	9,89	322,23	320,37	336,58	339,91	318,69	270,17
10/02/2015 16:00	8,08	307,15	321,89	341,33	337,19	324,85	286,33
10/02/2015 18:40	6,18	315,08	326,8	341,61	331,95	328,49	298,64
10/02/2015 21:20	6,07	318,49	322,02	333,57	322,75	329,49	301,11
10/03/2015 0:00	6	322,24	312,22	330,57	312,6	322,51	299,24
10/03/2015 2:40	5,79	320,61	301,72	327,8	308,28	321,18	298
10/03/2015 5:20	6,04	321,14	302,49	322,32	312,31	327,9	304,14
10/03/2015 8:00	5,58	321,35	304,01	320,87	314,69	328,54	308,16
10/03/2015 10:40	5,19	319,78	307,25	327,77	324,62	324,74	300,89
10/03/2015 13:20	7,17	308,82	315,65	328,88	326,29	328,74	296,11

10/03/2015 16:00	6,2	294,9	318,34	313,13	314,6	327,51	294,73
10/03/2015 18:40	5,58	292,69	324,3	302,94	310,81	328,62	296,85
10/03/2015 21:20	4,9	322,74	323,75	295,67	317,7	329	298,09
10/04/2015 0:00	5,14	313,26	319,63	287,55	318,88	328,98	301,12
10/04/2015 2:40	4,85	319,92	314,04	277,82	321,24	330,12	305,8
10/04/2015 5:20	4,59	313,37	313,02	270,74	322,5	333,92	308,97
10/04/2015 8:00	4,71	316,54	313,88	267,87	326,65	337,34	314,72
10/04/2015 10:40	4,21	342,57	313,99	266,3	327,36	336,06	304,46
10/04/2015 13:20	4,68	383,78	313,51	267,91	330,2	337,86	300,89
10/04/2015 16:00	5,01	391,63	309,02	265,11	332,79	333,35	299,7
10/04/2015 18:40	5,46	391,9	304,89	259,95	338,91	331,82	300,61
10/04/2015 21:20	5,8	391,08	301,4	257,07	339,94	332,08	300,1
10/05/2015 0:00	5,53	426,48	299,25	254,95	339,52	331,83	303,43
10/05/2015 2:40	4,97	424,4	296,54	254,14	341,9	332,81	304,62
10/05/2015 5:20	4,72	437,06	295,83	252,28	342,34	337,97	305,42
10/05/2015 8:00	4,56	428,1	295,08	252,99	332,9	338,34	303,24
10/05/2015 10:40	4,82	658,53	300,67	255,33	334,77	336,83	302,55
10/05/2015 13:20	5,83	639,56	308,08	252,01	343,45	337,41	302,4
10/05/2015 16:00	6,28	537,81	309,23	254,87	345,91	335,25	303,03
10/05/2015 18:40	6,78	583,66	307,02	256,43	347,61	335,82	303,66
10/05/2015 21:20	6,96	588,92	305,07	259,21	347,64	339,12	305,11
10/06/2015 0:00	7,01	495,15	304,28	256,12	346,95	338,76	306,3
10/06/2015 2:40	8,89	587,96	305,24	256,09	345,54	338,07	306,26
10/06/2015 5:20	10,24	595,7	298,61	250,31	344,55	338,17	307,62
10/06/2015 8:00	10,64	618,5	293,82	251,96	343,34	338,76	307,9

10/06/2015 10:40		205,7	289,95	240,09	343,86	338,41	305,52
10/06/2015 13:20		11,5	284,17	229,54	337,07	328,16	296,15
10/06/2015 16:00	7,99	422,07	280,03	238,67	337,77	325,64	290,68
10/06/2015 18:40	10,33	627,73	295,83	230,13	344,4	334,88	295,29
10/06/2015 21:20	10,52	618,39	303,03	234,09	348,2	334,82	296,47
10/07/2015 0:00	11,08	622,93	309,73	242,58	348,89	336,35	301,38
10/07/2015 2:40	12,25	625,46	308,65	250,35	346,27	334,1	302,62
10/07/2015 5:20	11,88	514,81	306,77	272,64	343,66	336,9	303,95
10/07/2015 8:00	7,8	365,52	307,96	286,96	341,81	339,91	305,73
10/07/2015 10:40	4,41	398,19	312,53	296,45	337,73	344,43	306,85
10/07/2015 13:20	4,39	429,78	313,57	301,86	333,8	344,25	304,94
10/07/2015 16:00	4,02	412,05	311,89	297,26	337,11	344,3	303,8
10/07/2015 18:40	3,69	410,3	311,67	292,17	334,16	344,08	302,64
10/07/2015 21:20	3,5	169,73	303,17	277,99	333,76	339,97	302,69
10/08/2015 0:00	5,05	442,5	305,87	281,86	330,95	340,23	303,7
10/08/2015 2:40	5,59	474,9	300,29	273,83	328,08	341,65	306,73
10/08/2015 5:20	5,7	521,19	297,77	274,27	330,61	340,24	309,7
10/08/2015 8:00	6,13	665,12	296,92	275,81	332,51	335,08	307,63
10/08/2015 10:40	10,58	1001,25	296,15	272,9	338,98	335,47	304,69
10/08/2015 13:20	10,75	579,62	293,83	277,72	342,62	339,26	302,71
10/08/2015 16:00	10,66	598,9	301,91	290,57	341,56	340,62	302,5
10/08/2015 18:40	11,18	587,75	308,24	296,55	334,41	340,88	302,81
10/08/2015 21:20	11,33	576,67	311,01	296,25	338,22	341,73	305,88
10/09/2015 0:00	11,33	590,18	311,65	293,15	341,82	342,7	308,5
10/09/2015 2:40	11,14	603,07	308,81	290,88	342,08	341,73	304,55

10/09/2015 5:20	10,41	594,57	303,92	291,96	342,58	341,99	302,71
10/09/2015 8:00	10,5	594,31	299,11	293,58	341,14	342,73	301,8
10/09/2015 10:40	11,24	602,08	294,48	296,23	338,73	341,21	300,54
10/09/2015 13:20	10,19	586,79	297,12	304,62	339,71	342,84	300,36
10/09/2015 16:00	10,13	580,34	294,71	303,78	337,59	342,64	301,49
10/09/2015 18:40	9,15	511,45	293,11	308,83	338,77	343,4	304,77
10/09/2015 21:20	11,04	647,89	294,82	309,62	338,36	343,43	303,53
10/10/2015 0:00	10,98	545,48	293,89	305,49	339,31	342,81	304
10/10/2015 2:40	11,01	571,13	290,9	304,49	339,72	342,85	305,06
10/10/2015 5:20	11	570,74	287,92	306,13	341,17	342,21	306,14
10/10/2015 8:00	10,66	572,57	285,81	307,79	342,62	340,55	306,94
10/10/2015 10:40	10,6	573,14	286,75	307,14	339,91	338,87	302,9
10/10/2015 13:20	10,43	559,36	288,72	309,58	344,84	341,73	303,87
10/10/2015 16:00	10,13	553,22	289,38	309,31	344,41	341,64	302,7
10/10/2015 18:40	10,28	560,36	292,13	311,49	344,23	340,64	303,37
10/10/2015 21:20	10,73	544,8	295,02	312,5	345,54	341,72	303,21
10/11/2015 0:00	10,73	564,22	295,65	311,5	344,95	342,99	302,18
10/11/2015 2:40	10,73	562,69	291,52	309,86	341,45	343,05	301,52
10/11/2015 5:20	10,73	562,06	289,13	310,2	340,3	343,45	302,4
10/11/2015 8:00	10,73	526,79	294,71	309	343,38	344,16	302,5
10/11/2015 10:40	10,68	560,48	298,36	308,16	342,97	341,88	300,49
10/11/2015 13:20	10,36	583,25	299,11	309,66	343,78	342,58	301,22
10/11/2015 16:00	9,86	570,93	298,28	306,24	341,1	340,81	299,61
10/11/2015 18:40	10,37	570,09	305,62	308,71	342,83	342,45	304,67
10/11/2015 21:20	10,41	567,24	309,56	311,36	344,15	342,33	304,84

10/12/2015 0:00	10,41	567,52	310,37	310,05	344,97	343,01	302,67
10/12/2015 2:40	10,41	565,61	309,71	308,18	344,66	342,28	300,37
10/12/2015 5:20	10,41	566,17	308,71	310,46	345,93	343,58	300,65
10/12/2015 8:00	10,41	561,83	306	311,88	344,32	343,01	301
10/12/2015 10:40	10,24	573,37	303,85	312,41	342,11	340,34	296,22
10/12/2015 13:20	10,13	588,22	308,51	315,46	346,27	340,44	299,51
10/12/2015 16:00	10,13	589,62	313,74	319,81	352,63	346,44	318,14
10/12/2015 18:40	10,13	588,91	318,09	324,71	357,89	349,75	324,39
10/12/2015 21:20	10,13	582,97	318,22	321,79	357,46	346,19	319,87
13/10/2015 00:00:00	10,13	583,22	319,93	323,72	357,07	344	318,65
13/10/2015 02:40:00	10,16	582,34	316,64	319,83	356,75	344,66	318,06
13/10/2015 05:20:00	10,19	580,94	310,52	320,9	356,69	348,44	316,96
13/10/2015 08:00:00	10,16	591,12	301,3	319,24	357,58	348,74	314,53
13/10/2015 10:40:00	10,17	586,13	295,13	316,33	357,92	351,89	311,4
13/10/2015 13:20:00	10,17	580,73	295,85	315,19	357,53	348,35	310,16
13/10/2015 16:00:00	10,21	548,24	299,04	318,06	357,18	345,66	310,86
13/10/2015 18:40:00	9,28	296,61	303,9	322,48	359,76	345,33	310,68
13/10/2015 21:20:00	10,48	538,93	305,38	337,79	360,77	342,12	308,45
14/10/2015 00:00:00	11,05	603,83	310,66	333,19	347,87	342,01	308,07
14/10/2015 02:40:00	10,85	609,98	304,88	315,49	332,85	343,58	309
14/10/2015 05:20:00	10,73	612,97	302,42	299,75	333,96	336,98	307,3
14/10/2015 08:00:00	10,73	606,27	300,15	297,09	336,46	336,56	308,88
14/10/2015 10:40:00	10,73	603,19	300	300,57	336,16	338,85	307,81
14/10/2015 13:20:00	10,73	615,54	308	305,58	344,19	344,13	310,53
14/10/2015 16:00:00	10,73	607,52	317,47	309,18	347,49	347,1	310,73

14/10/2015 18:40:00	10,9	597,39	317,52	304,92	349,1	347,38	312,29
14/10/2015 21:20:00	11,33	600,92	316,58	303,13	349,97	346,3	312
15/10/2015 00:00:00	11,33	597,07	315,7	303,7	349,51	345,25	313,31
15/10/2015 02:40:00	11,33	605,24	316,01	303,24	348,01	342,58	314,11
15/10/2015 05:20:00	11,33	606,55	318,34	307,22	346,07	341,94	326,26
15/10/2015 08:00:00	11,02	604,37	316,33	307,49	344,01	343,25	311,81
15/10/2015 10:40:00	10,16	599,19	314,06	312,24	343,06	345,03	309,81
15/10/2015 13:20:00	9,94	555,03	312,55	313,58	345,77	345,17	335
15/10/2015 16:00:00	9,93	580,47	310,13	312,96	348,32	344,87	307,98
15/10/2015 18:40:00	9,39	566,92	309,67	311,76	349,28	342,75	308,7
15/10/2015 21:20:00	9,15	577,13	313,08	312,25	349,74	342,32	311,12
16/10/2015 00:00:00	9,14	597,64	309,75	310,76	348,7	341,97	303,99
16/10/2015 02:40:00	9,14	593,27	307,92	312,43	347,52	341,2	330,82
16/10/2015 05:20:00	9,15	597,48	304,84	315,39	347,37	339,98	349,47
16/10/2015 08:00:00	9,15	603,17	303,57	313,37	346,9	339,92	338,61
16/10/2015 10:40:00	9,14	589,59	310,68	309,69	346,11	339,44	319,71
16/10/2015 13:20:00	9,15	574,49	317,89	311,21	349,91	342,37	312,12
16/10/2015 16:00:00	9,15	591,49	320,25	310,18	350,93	343,5	322,27
16/10/2015 18:40:00	9,14	587,5	317,81	313,06	350,35	345,73	318,36
16/10/2015 21:20:00	8,68	584,91	313,69	315,18	349,31	345,49	326,63
17/10/2015 00:00:00	8,57	584,75	306,28	310,31	350,48	342,95	311,97
17/10/2015 02:40:00	8,26	588,34	298,67	306,59	350,5	341,12	316,53
17/10/2015 05:20:00	8,26	596,31	293,89	304,55	349,26	339,99	322,02
17/10/2015 08:00:00	8,41	584,95	291,64	303,86	350,74	341,48	310,03
17/10/2015 10:40:00	9,93	584,46	290,89	299,91	348,63	340,98	300,42

17/10/2015 13:20:00	10,06	588,76	297,05	303,51	351,79	344,9	314,51
17/10/2015 16:00:00	10,36	588,82	298,56	304,98	354,04	344,54	310,09
17/10/2015 18:40:00	10,79	591,66	297,47	306,85	355,38	344,66	318,15
17/10/2015 21:20:00	10,66	584,18	294,78	304,71	355,12	346,02	319,11
18/10/2015 00:00:00	10,91	573,84	289,68	308,74	353,67	344,76	332,18
18/10/2015 02:40:00	10,75	603,86	287,85	309,26	352,45	344,54	351,29
18/10/2015 05:20:00	10,07	607,95	284,46	305,29	352,26	343,51	351,9
18/10/2015 08:00:00	9,67	572,72	280,13	319,81	353,86	342,17	353,5
18/10/2015 10:40:00	11,39	579,99	276,23	332,99	355,91	344,19	358,49
18/10/2015 13:20:00	12,35	585,48	279,44	334,64	357,27	343,41	361,36
18/10/2015 16:00:00	12,42	583,18	282,09	333,36	357,81	344,32	361,8
18/10/2015 18:40:00	12,5	590,67	282,88	329,52	357,6	343,88	355,85
18/10/2015 21:20:00	12,8	586,89	282,41	328,62	357,09	342,34	346,32
19/10/2015 00:00:00	13,14	594,81	283,53	327,59	355,32	342,15	359,52
19/10/2015 02:40:00	13,33	590,88	285,8	326,51	352,92	340,99	358,74
19/10/2015 05:20:00	13,33	587,95	287,48	322,88	353,15	340,72	352,27
19/10/2015 08:00:00	12,83	584,7	288,89	323,81	353,53	342,71	347,52
19/10/2015 10:40:00	13	593,1	288,63	326,59	351,57	343,47	356,61
19/10/2015 13:20:00	13,02	592,72	290,42	327,9	353,91	344,72	344,7
19/10/2015 16:00:00	12,63	377,03	286,31	325,69	353,63	345,68	335,85
19/10/2015 18:40:00	0	0	280,79	322,23	343,4	340,5	339,39
19/10/2015 21:20:00	0	0	265,05	313,62	328,24	322,95	306,1
20/10/2015 00:00:00	0	0	246,02	293,27	305,79	296,43	280,25
20/10/2015 02:40:00	0	0	231,17	270,29	278,7	264,83	256,85
20/10/2015 05:20:00	0	0	216,44	250,76	257,16	238,11	232,04

20/10/2015 08:00:00	0	0	206,34	229,79	231,65	214,53	210,74
20/10/2015 10:40:00	0	0	190,21	208,63	209,38	193,58	191,26
20/10/2015 13:20:00	0	0	183,24	191,95	192,27	181,06	173,84
20/10/2015 16:00:00	0	0	174,16	179,04	177,18	171,83	161,44
20/10/2015 18:40:00	0	0	165,89	165,58	165,66	161,31	151,56
20/10/2015 21:20:00	0	0	158,14	157,57	157,95	152,93	143,71
21/10/2015 00:00:00	0	0	155,64	153,8	154,3	148,4	138,7
21/10/2015 02:40:00	0	0	147,35	152,17	152,02	144,66	134,95
21/10/2015 05:20:00	0	0	145,22	149,4	148,92	139,95	131,58
21/10/2015 08:00:00	0	0	140,44	146,58	145,85	136,11	128,23
21/10/2015 10:40:00	0	0	136,69	145,29	144,23	133,83	126,95
21/10/2015 13:20:00	0	0	136,12	143,7	142,59	131,55	125,96
21/10/2015 16:00:00	0	0	135,8	143,25	133,92	124,97	125,04
21/10/2015 18:40:00	0	0	131,79	138,72	129,68	122,35	122,7
21/10/2015 21:20:00	0	0	127,48	134,99	126,95	120,25	121,51
22/10/2015 00:00:00	0	0	125,64	133,03	125,73	119,17	120,75
22/10/2015 02:40:00	0	0	124,59	131,57	124,3	118,16	120,59
22/10/2015 05:20:00	0	0	123,02	129,75	123,21	117	119,86
22/10/2015 08:00:00	0	0	122,7	129,29	122,91	117,14	119,89
22/10/2015 10:40:00	0	0	122,96	129,67	123,7	117,35	120,91
22/10/2015 13:20:00	0	0	122,69	129,42	123,27	117,25	120,71
22/10/2015 16:00:00	0	0	123,03	128,76	122,77	117,17	120,89
22/10/2015 18:40:00	0	0	123,06	127,83	122,28	116,41	120,05
22/10/2015 21:20:00	0	0	122,63	126,96	121,79	116,19	120,15
23/10/2015 00:00:00	0	0	122,16	126,73	121,66	116,2	120,07

23/10/2015 02:40:00	0	0	121,06	125,71	121,16	115,62	119,17
23/10/2015 05:20:00	0	0	120,99	124,91	121,04	115,46	119,56
23/10/2015 08:00:00	0	0	120,68	124,87	120,87	115,65	119,59
23/10/2015 10:40:00	0	0	120,85	125,22	121,5	115,96	119,92
23/10/2015 13:20:00	0	0	120,92	125,9	121,74	116,7	120,13
23/10/2015 16:00:00	0	0	120,26	124,47	120,9	115,91	119,53
23/10/2015 18:40:00	0	0	119,51	124,34	120,62	115,29	119,4
23/10/2015 21:20:00	0	0	119,85	123,96	121,11	115,32	119,66
24/10/2015 00:00:00	0	0	119,6	123,71	120,28	115,37	119,14
24/10/2015 02:40:00	0	0	119,41	123,31	120,1	115,51	119,36
24/10/2015 05:20:00	0	0	118,88	122,92	120,13	115,21	118,8
24/10/2015 08:00:00	0	0	118,75	123,15	120,26	115,25	119,14
24/10/2015 10:40:00	0	0	119,11	123,28	120,35	115,4	119,87
24/10/2015 13:20:00	0	0	120,08	123,94	120,88	116,29	119,99
24/10/2015 16:00:00	0	0	120,49	124,35	121,48	116,49	120,72
24/10/2015 18:40:00	0	0	119,47	123,34	120,7	115,76	119,95
24/10/2015 21:20:00	0	0	118,89	122,86	120,64	115,34	119,58
25/10/2015 00:00:00	0	0	118,59	122,85	120,11	115,38	119,09
25/10/2015 02:40:00	0	0	118,5	122,33	120,02	114,84	119,01
25/10/2015 05:20:00	0	0	118,63	122,25	119,59	114,97	119,26
25/10/2015 08:00:00	0	0	118,39	122,43	119,74	115,07	119,22
25/10/2015 10:40:00	0	0	118,88	122,81	120,57	115,6	119,4
25/10/2015 13:20:00	0	0	119,44	123,54	120,97	116,22	120,21
25/10/2015 16:00:00	0	0	119,62	123,66	121,32	116,57	120,49
25/10/2015 18:40:00	0	0	118,87	122,82	120,36	115,88	119,55

25/10/2015 21:20:00	0	0	118,88	122,7	120,31	115,17	119,26
26/10/2015 00:00:00	0	0	118,24	122,39	120,06	115,16	119,4
26/10/2015 02:40:00	0	0	118,15	122,34	119,7	114,96	119,07
26/10/2015 05:20:00	0	0	117,99	122,04	119,83	114,85	118,96
26/10/2015 08:00:00	0	0	118,05	122,29	119,95	115,01	119,14
26/10/2015 10:40:00	0	0	118,7	122,85	120,35	116,11	119,86
26/10/2015 13:20:00	0	0	119,34	123,08	120,81	116,42	120,3
26/10/2015 16:00:00	0	0	121,8	124,34	121,48	119,11	122,06
26/10/2015 18:40:00	0	0	120,06	122,2	119,62	117,5	120,54
26/10/2015 21:20:00	0	0	119,21	122,39	120,02	117,16	120,05
27/10/2015 00:00:00	0	0	119,41	122,2	121,59	117,7	120,52
27/10/2015 02:40:00	0	0	145,97	124,15	129,93	122,49	122,16
27/10/2015 05:20:00	0	0	204,72	135,56	147,67	133,49	126,39
27/10/2015 08:00:00	0	0	238,85	153,35	165,27	148,1	132,15
27/10/2015 10:40:00	0	0	263,71	174,31	187,48	170,19	140,39
27/10/2015 13:20:00	0	0	290,34	204,14	220,25	198,14	157,88
27/10/2015 16:00:00	0	0	307,52	239,18	251,63	232,05	186,54
27/10/2015 18:40:00	2,68	0	297,07	257,41	274,23	253,44	203,2
27/10/2015 21:20:00	3,5	0	299,55	304,29	317,02	299,77	251,52
28/10/2015 00:00:00	2,71	0	255,54	265,7	286,86	274,84	244,61
28/10/2015 02:40:00	4,34	12,89	268,88	280,3	307,68	294,04	269,5
28/10/2015 05:20:00	12,99	264,98	270,14	286,7	311,44	300,71	281,5
28/10/2015 08:00:00	0	40,59	265,36	303,47	332,44	322,1	312,89
28/10/2015 10:40:00	0	0	258,64	305,87	326,24	319,24	311,88
28/10/2015 13:20:00	0	0	243,83	273,27	307,55	298,95	293,63

28/10/2015 16:00:00	0	4,85	235,14	272,85	290,04	284,31	270,25
28/10/2015 18:40:00	10,32	126,4	274,65	281,07	305,15	298,24	283,17
28/10/2015 21:20:00	0	0	279,24	283,17	320,05	311,71	307,81
29/10/2015 00:00:00	0	0	259,57	285,71	308,87	305,74	295,19
29/10/2015 02:40:00	0	0	235,14	270,98	288,06	284,47	269,43
29/10/2015 05:20:00	0	0	210,44	246,39	261,43	258,91	239,02
29/10/2015 08:00:00	0	0	208,31	237,4	247,51	245,3	224,62
29/10/2015 10:40:00	0	0	232,9	251,23	258,28	250,71	222,81
29/10/2015 13:20:00	2,19	0	267,42	275,07	281,58	271,97	241,22
29/10/2015 16:00:00	7,23	39,57	286,96	288,62	301,1	290,23	261,14
29/10/2015 18:40:00	13,15	312,66	294,35	308,41	326,27	318,45	297,34
29/10/2015 21:20:00	9,52	299,8	303,37	311,86	345,94	339,06	329,79
30/10/2015 00:00:00	11,42	384,29	306,07	309,06	354,6	348,11	341,42
30/10/2015 02:40:00	11,81	440,88	305,73	307,22	356,22	346,93	340,41
30/10/2015 05:20:00	12,4	493,01	299,87	302,23	355,01	346,02	337,88
30/10/2015 08:00:00	13,64	503,93	298,6	300,4	350,57	342,61	339,17
30/10/2015 10:40:00	13,8	513,09	300,39	301,58	350,67	341,61	341,03
30/10/2015 13:20:00	14,49	512,92	308,78	304	356,04	346,48	348,12
30/10/2015 16:00:00	14,98	527,68	308,58	303,02	356,57	347,29	340,36
30/10/2015 18:40:00	15,54	533,28	299,87	305,69	355,86	347,52	337,11
30/10/2015 21:20:00	15,59	540,22	305,81	310,42	356,93	349	341,47
31/10/2015 00:00:00	15,68	530,6	312,86	306,95	355,47	348,62	337,4
31/10/2015 02:40:00	15,87	523,72	315,39	309,08	355,59	348,41	335,85
31/10/2015 05:20:00	15,87	529,77	318,82	309,82	356	348,61	345,99
31/10/2015 08:00:00	15,58	527,01	318,57	311,35	354,85	345,19	347,3

31/10/2015 10:40:00	15,59	526,87	313,69	310,56	354,43	343,88	337,2
31/10/2015 13:20:00	15,34	522,77	313,81	308,43	357,61	348,07	335,7
31/10/2015 16:00:00	15,34	524,67	316,65	309,89	357,53	349,22	338,24
31/10/2015 18:40:00	15,35	520,28	312,4	307,27	355,88	346,06	339,82
31/10/2015 21:20:00	15,46	529	308,93	305,35	355,23	345,05	340,02
11/01/2015 0:00	15,63	539,33	315,55	309,8	357,62	348,44	343,81
11/01/2015 2:40	15,63	534,86	317,99	309,91	355,45	348,34	338,64
11/01/2015 5:20	15,84	538,45	319,45	311,22	355,71	349,13	336,24
11/01/2015 8:00	15,71	544,8	320,55	311,59	358,25	350,47	340,33
11/01/2015 10:40	15,63	546,68	320,45	316,33	359	350,66	340,37
11/01/2015 13:20	15,63	549,97	320,16	315,37	360	350,42	341,04
11/01/2015 16:00	15,63	542,66	321,12	317,44	359,14	350,2	338,3
11/01/2015 18:40	15,4	542,51	319,92	311,6	358,11	348,08	340,05
11/01/2015 21:20	15,35	541,24	319,41	309,53	356,95	347,78	342,23
11/02/2015 0:00	15,35	537,55	315,92	305,38	355,86	348,36	341,98
11/02/2015 2:40	15,47	548,16	313,85	308,52	353,04	345,67	334,25
11/02/2015 5:20	15,9	543,64	318,88	318,87	358,89	352,46	334,76
11/02/2015 8:00	16,04	521,18	320,79	320,84	359,07	351,33	334,83
11/02/2015 10:40	15,05	512,01	320,99	318,92	357,36	349,95	336,53
11/02/2015 13:20	14,44	520,45	320,63	318,45	355,31	347,99	337,26
11/02/2015 16:00	14,29	524,02	316,84	314,07	356,85	347,43	351,48
11/02/2015 18:40	14,32	526,08	319,66	311,15	357,48	348,39	342,8
11/02/2015 21:20	14,44	522,36	322,07	313,4	357,61	348,29	343,55
11/03/2015 0:00	14,44	422,52	323,73	317,76	357,46	348,29	346,19
11/03/2015 2:40	11,01	378,28	325,96	318,12	354,82	349,3	348,12

11/03/2015 5:20	14,43	526,07	326,35	316,52	351,83	345,15	346,01
11/03/2015 8:00	14,63	520,48	323,74	317,59	352,48	343,27	346,15
11/03/2015 10:40	15,03	519,38	315,03	314,01	348,04	338,39	332,89
11/03/2015 13:20	14,82	518,8	312,77	315,89	353,47	343,82	341,4
11/03/2015 16:00	14,72	521,89	310,66	311,07	350,86	343,88	335,17
11/03/2015 18:40	14,74	516,34	307,76	304,94	351,41	344,56	338,38
11/03/2015 21:20	14,73	520,82	309,57	301,76	354,5	345,6	342,8
11/04/2015 0:00	14,87	518,56	315,07	306,87	355,85	346,45	332,54

LAMPIRAN B

Data PFD (*Probability Failure Demand*)

Tabel B.1 Nilai PFD Penyebab Awal (*Initiating Likelihood*) pada Proses Secara Umum [Sumber: CCPS (*Center for Chemical Proses Safety*) , 2001]

NO	Penyebab Awal Kemungkinan terjadinya Kegagalan	Kemungkinan Terjadinya Kegagalan per Tahun (PFD)
1	Kegagalan <i>Loop</i> instrumen BPCS (IEC 61511 membatasi kemungkinan terjadinya kegagalan BPCS)	1,00E-01
2	Kegagalan <i>Regulator</i>	1,00E-01
3	Kegagalan Peralatan tak bergerak(misal: kebocoran tabung alat penukar panas)	1,00E-02
4	Pompa dan mesin bergerak lainnya	1,00E-01
5	Kegagalan air pendingin (misal: pompa air pendingin cadangan)	1,00E-01
6	Kehilangan daya (suplai daya cadangan)	1,00E-01
7	Kesalahan manusia (pekerjaan rutin,sekali sehari)	1,00E-01
8	Kesalahan manusia (pekerjaan rutin,sekali sebulan)	1,00E-01
9	Kesalahan manusia (pekerjaan tidak rutin,ketegangan rendah)	1,00E-01
10	Kesalahan manusia (pekerjaan tidak rutin,ketegangan tinggi)	1,00E-00
11	Kegagalan residu bejana tekan	1,00E-03
12	Kegagalan residu pipa -100 m <i>Full breach</i>	1,00E-03
13	Kebocoran pipa (10% bagian)-100 m	1,00E-03
14	Kegagalan tangki atmosferik	1,00E-03
15	Ledakan gasket/ <i>packing</i>	1,00E-02
16	<i>Overspeed</i> pada turbin/mesin diesel dengan kegagalan terselubung	1,00E-04
17	Intervensi pihak ketiga (dampak eksternal dari <i>backhoe</i> , kendaraan dll)	1,00E-02
18	Beban crane jatuh	0,01 per kesempatan
19	Sambaran petir	1,00E-03
20	Katup pengaman terbuka secara <i>spurious</i>	1,00E-02
21	Kegagalan <i>seal</i> pompa	1,00E-01
22	Kegagalan rantai bongkar/muat	1,00E-01
23	Api kecil <i>eksternal</i> (kumpulan berbagai penyebab)	1,00E-01
24	Api besar <i>eksternal</i> (kumpulan dari berbagai penyebab)	1,00E-02
25	Kegagalan prosedur LOTO (<i>Lock out tag out</i>): kegagalan keseluruhan dari proses dengan <i>multi</i> elemen	0,01 per kesempatan
26	Kegagalan <i>operator</i> (melaksanakan prosedur rutin, asumsi terlatih, tidak tegang dan tidak kelelahan)	0,01 per kesempatan

Tabel B.2 Typical Frequency Value, fL Assigned to Initiating Event

<i>Initiating Event</i>	<i>Frequency Range from Literatur (per year)</i>	<i>Example of a Value Chosen by a Company for Use in LOPA (per year)</i>
<i>Preassure vessel residual failure</i>	10^{-5} to 10^{-7}	1×10^{-6}
<i>Piping residual failure 100 m Full Breach</i>	10^{-5} to 10^{-6}	1×10^{-6}
<i>Piping Leak(10% section)-100 m</i>	10^{-3} to 10^{-4}	1×10^{-6}
<i>Atmospheric tank failure</i>	10^{-3} to 10^{-5}	1×10^{-6}
<i>Gasket /packing blowout</i>	10^{-2} to 10^{-6}	1×10^{-6}
<i>Turbine/diesel engine overspeed with casing breach</i>	10^{-3} to 10^{-4}	1×10^{-6}
<i>Third party intervention (external impact by backhoe, vehicle, etc)</i>	10^{-2} to 10^{-4}	1×10^{-2}
<i>Crane load drop</i>	10^{-3} to 10^{-4} per lift	1×10^{-4} Per lift
<i>Lightning strike</i>	10^{-3} to 10^{-4}	1×10^{-3}
<i>Safety valve opens spuriously</i>	10^{-2} to 10^{-4}	1×10^{-2}
<i>Cooling water failure</i>	1 to 10^{-2}	1×10^{-1}
<i>Pump seal failure</i>	10^{-1} to 10^{-2}	1×10^{-1}
<i>Unloading/loading hose failure</i>	1 to 10^{-2}	1×10^{-1}
<i>BPCS instrument loop failure Note : IEC 61511 limit is more than 1×10^{-5}/hr or $8,76 \times 10^{-2}$/yr (IEC,2001)</i>	1 to 10^{-2}	1×10^{-1}
<i>Regulator failure</i>	1 to 10^{-1}	1×10^{-1}
<i>Small exsternal fire (agregate causes)</i>	10^{-1} to 10^{-2}	1×10^{-1}
<i>Large exsternal fire (agregate causes)</i>	10^{-2} to 10^{-3}	1×10^{-1}
<i>LOTO(lock out tag out) procedure failure , overall failure of a multiple – elemen process</i>	10^{-3} to 10^{-4} per oppurtunity	1×10^{-3} per oppurtunity
<i>Operator failure (to execute routine procedure, assuming well trained, unstressed,not fatigued)</i>	10^{-1} to 10^{-5} per oppurtunity	1×10^{-2} per oppurtunity

Tabel B.3 Nilai PFD IPL (*Independent Protection Layers*) pada Proses Secara Umum {Sumber : CCPS (*Center for Chemical Proses Safety*), 2001]

No	IPL	PFD
1	Sistem pengendalian proses dasar, jika tidak berhubungan dengan penyebab awal yang sedang (asumsi BPCS dengan <i>high demand</i>)	1,00E-01
2	Respon <i>operator</i> terhadap bunyi alarm dengan waktu respon setidaknya 10 menit	1,00E-01
3	SIS (<i>safety instrument system</i>) dengan SIL1	1,00E-01
4	SIS (<i>safety instrument system</i>) dengan SIL2	1,00E-02
5	SIS (<i>safety instrument system</i>) dengan SIL3	1,00E-02
6	Katup pelepas/PSV (<i>pressure safety valve</i>)	1,00E-02
7	Trip pengaman mekanikal internal yang <i>independent</i> terhadap SIS (<i>safety instrument system</i>)	0,1 hingga 0,01
8	Muatan dengan cerobong tinggi	1,00E-01
9	Muatan dengan alat mitigasi yang melekat seperti <i>scrubber</i> atau vent <i>incinerator</i>	1,00E-02
10	<i>Rupture disk</i>	1,00E-02
11	Katup satu arah atau <i>check valve</i>	1,00E-01
12	Katup untuk aliran berlebih	1,00E-02
13	Penangkal api atau ledakan	1,00E-02
14	Tanggul (<i>bund/dike</i>)	1,00E-02
15	Sistem <i>drainase</i> bawah tanah	1,00E-02
16	Saluran udara terbuka	1,00E-02
17	Anti api	1,00E-02
18	Dinding penahan ledakan/lubang pelindung	1,00E-03
19	Alat cadangan yang identik	0,1 (kredit maksimum)
20	Alat cadangan yang berbeda	0,1 hingga 0,001
21	Kejadian lain	Berdasarkan pengalaman personil

LAMPIRAN C

Pemodelan LOPA Kuantitatif

Node 1(Zona Kalsinasi)

1. Skenario: Kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai *standart*
Penyebab: Kebocoran pada *inlet* gas *analyser* O₂
Initial Likelihood : 0,01(CCPS 2001)
Layer Proteksi : 1. Desain Proses :0.1 (probabilitas gagal 1x dalam 10 tahun)
2. BPCS : 0,1(tidak dipengaruhi oleh BPCS)
3. Alaram : 0,1 (tidak dipengaruhi oleh kegagalan *operator*)
4. *Additional Mitigation* terdiri dari : (HSL/2005/50)
 - ❖ *Probability of Fatal Injury* (Ptr) = 1 (Operasi Kontinue)
 - ❖ *Probability of Personal in Affected Area* (Pp)
$$Pp = \frac{\text{time present to Hazard}}{\text{total time}} = \frac{1,23 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0.0205$$
 - ❖ *Probability of ignition* = 0,1 (pelepasan gas kecil)

Perhitungan *Initial Likelihood*:

$$IEL = ICL \times PFD_1 \times PFD_2 \times \dots \times PFD_n \times Pp \times Pi \times Ptr$$

$$IEL = 0,01 \times 0.1 \times 0,1 \times 1 \times 0.0205 \times 0,1 \times 1$$

$$IEL = 2,05 \times 10^{-7}$$

$$\text{Rasio LOPA} = \frac{TMEL}{IEL} \text{ dengan } TMEL = 1 \times 10^{-5}$$

$$\text{Rasio LOPA} = 1 \times 10^{-5} / 2,05 \times 10^{-7} = 48,78$$

Berdasarkan hasil LOPA diatas nilai SIL adalah NR

2. Skenario: Kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai *standart*
Penyebab: Kebocoran pada *inlet* gas *analyser* CO
Initial Likelihood : 0,01 (CCPS 2001)
Layer Proteksi : 1. Desain Proses :0.1 (probabilitas gagal 1x dalam 10 tahun)
2. BPCS : 0,1(tidak dipengaruhi oleh BPCS)
3. Alaram : 0,1 (dipengaruhi oleh kegagalan *operator*)
4. *Additional Mitigation* terdiri dari : (HSL/2005/50)
 - ❖ *Probability of Fatal Injury* (Ptr) = 1 (Operasi Kontinue)
 - ❖ *Probability of Personal in Affected Area* (Pp)
$$Pp = \frac{\text{time present to Hazard}}{\text{total time}} = \frac{0.91 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0.0156$$
 - ❖ *Probability of ignition* = 0.1 (pelepasan gas kecil)

$$IEL = ICL \times PFD_1 \times PFD_2 \times \dots \times PFD_n \times Pp \times Pi \times Ptr$$

$$IEL = 0.01 \times 0.1 \times 1 \times 1 \times 0.0156 \times 0.1 \times 1$$

$$IEL = 1,56 \times 10^{-7}$$

$$\text{Rasio LOPA} = \frac{TMEL}{IEL} \text{ dengan } TMEL = 1 \times 10^{-5}$$

$$\text{Rasio LOPA} = 1 \times 10^{-5} / 1,56 \times 10^{-6} = 6,41$$

Berdasarkan hasil LOPA diatas nilai SIL adalah NR

Node 2 (Zona Translasi)

1. Skenario: *Rotary* kiln tidak berputar sehingga produk *clinker* tidak terbentuk sempurna

Penyebab: *Rotary feeder* macet

Initial Likelihood : 0,0001 (CCPS 2001)

Layer Proteksi : 1. Desain Proses :0.1 (probabilitas gagal 1x dalam 10 tahun)

2. BPCS : 0, 1(tidak dipengaruhi oleh BPCS)

3. Alarm : 1 (tidak dipengaruhi oleh kegagalan *operator*)

4. *Additional Mitigation* terdiri dari : (HSL/2005/50)

❖ *Probability of Fatal Injury* (Ptr) = 1 (Operasi Kontinue)

❖ *Probability of Personal in Affected Area* (Pp)

$$Pp = \frac{\text{time present to Hazard}}{\text{total time}} = \frac{8,37 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0,139$$

❖ *Probability of ignition* = 1 (potensi tidak terbentuknya *clinker*)

Perhitungan *Initial Likelihood*:

$$IEL = ICL \times PFD_1 \times PFD_2 \times \dots \times PFD_n \times Pp \times Pi \times Ptr$$

$$IEL = 1 \times 10^{-4} \times 0.1 \times 0,1 \times 1 \times 0,139 \times 1 \times 1$$

$$IEL = 1,39 \times 10^{-7}$$

$$\text{Rasio LOPA} = \frac{TMEL}{IEL} \text{ dengan } TMEL = 1 \times 10^{-5}$$

$$\text{Rasio LOPA} = 1 \times 10^{-5} / 1,39 \times 10^{-7} = 71,9$$

Berdasarkan hasil LOPA diatas nilai SIL adalah NR

2. Skenario: *Rotary* kiln tidak berputar sehingga produk *clinker* tidak terbentuk sempurna

Penyebab: motor kiln drive macet

Initial Likelihood : 0,01(CCPS 2001)

Layer Proteksi : 1. Desain Proses :0. 1 (probabilitas gagal 1x dalam 10 tahun)

2. BPCS : 0,1(tidak dipengaruhi oleh BPCS)

3. Alaram : 1 (tidak dipengaruhi oleh kegagalan *operator*)

4. *Additional Mitigation* terdiri dari : (HSL/2005/50)

❖ *Probability of Fatal Injury* (Ptr) = 1 (Operasi Kontinue)

❖ *Probability of Personal in Affected Area (Pp)*

$$Pp = \frac{\text{time present to Hazard}}{\text{total time}} = \frac{1,21 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0,0202$$

❖ *Probability of ignition* = 0.1 (pelepasan gas kecil)

Perhitungan *Initial Likelihood*:

$$IEL = ICL \times PFD_1 \times PFD_2 \times \dots \times PFD_n \times Pp \times Pi \times Ptr$$

$$IEL = 0,01 \times 0.1 \times 1 \times 1 \times 0,0202 \times 0,1 \times 1$$

$$IEL = 2,02 \times 10^{-6}$$

$$\text{Rasio LOPA} = \frac{TMEL}{IEL} \text{ dengan } TMEL = 1 \times 10^{-5}$$

$$\text{Rasio LOPA} = 1 \times 10^{-5} / 2,02 \times 10^{-6} = 0,495$$

Berdasarkan hasil LOPA diatas nilai SIL adalah SIL0

Node 3 (Zona Pembakaran)

1. Skenario: *overtemperature* berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan *clinker*

Penyebab: *Sensor temperature* gagal bekerja

Initial Likelihood : 0,01 (CCPS 2001)

Layer Proteksi : 1. Desain Proses : 0. 1 (probabilitas gagal 1x dalam 10 tahun)

2. BPCS : 0,1(tidak dipengaruhi oleh BPCS)

3. Alarm : 1 (tidak dipengaruhi oleh kegagalan *operator*)

4. *Additional Mitigation* terdiri dari : (HSL/2005/50)

❖ *Probability of Fatal Injury (Ptr)* = 1 (Operasi Kontinue)

❖ *Probability of Personal in Affected Area (Pp)*

$$Pp = \frac{\text{time present to Hazard}}{\text{total time}} = \frac{0,81 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0.0135$$

❖ *Probability of ignition* = 1 (potensi tidak terbentuknya *clinker*)

Perhitungan *Initial Likelihood*:

$$IEL = ICL \times PFD_1 \times PFD_2 \times \dots \times PFD_n \times Pp \times Pi \times Ptr$$

$$IEL = 0,01 \times 0,1 \times 1 \times 1 \times 0.0135 \times 1 \times 1$$

$$IEL = 1.35 \times 10^{-5}$$

$$\text{Rasio LOPA} = \frac{TMEL}{IEL} \text{ dengan } TMEL = 1 \times 10^{-5}$$

$$\text{Rasio LOPA} = 1 \times 10^{-5} / 1.35 \times 10^{-5} = 7.407 \times 10^{-1}$$

Berdasarkan hasil LOPA diatas nilai SIL adalah SIL 0

2. Skenario: *overtemperature* berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan *clinker*

Penyebab: *air slid fan* gagal, temperatur kiln 20-30 meter tingi

Initial Likelihood : 0,001 (CCPS 2001)

Layer Proteksi : 1. Desain Proses : 0,1 (probabilitas gagal 1x dalam 10 tahun)

2. BPCS : 0,1(tidak dipengaruhi oleh BPCS)

3. Alarm : 0,1 (dipengaruhi oleh kegagalan *operator*)

4. *Additional Mitigation* terdiri dari : (HSL/2005/50)

❖ *Probability of Fatal Injury* (Ptr) = 1 (Operasi Kontinue)

❖ *Probability of Personal in Affected Area* (Pp)

$$Pp = \frac{\text{time present to Hazard}}{\text{total time}} = \frac{0,67 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0.0112$$

❖ *Probability of ignition* = 1 (potensi tidak terbentuknya *clinker*)

Perhitungan *Initial Likelihood*:

$$IEL = ICL \times PFD_1 \times PFD_2 \times \dots \times PFD_n \times Pp \times Pi \times Ptr$$

$$IEL = 0,001 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,0112 \times 1 \times 1$$

$$IEL = 1.12 \times 10^{-7}$$

$$\text{Rasio LOPA} = \frac{TMEL}{IEL} \text{ dengan } TMEL = 1 \times 10^{-5}$$

$$\text{Rasio LOPA} = 1 \times 10^{-5} / 1.12 \times 10^{-7} = 0,0892$$

Berdasarkan hasil LOPA diatas nilai SIL adalah SIL 1

Node 4 (Zona Pendinginan)

1. Skenario: *overtemperature* berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan *clinker*

Penyebab: *big filter fan not ready*, temperatur kiln 30-40 meter naik

Initial Likelihood : 0,01(CCPS 2001)

Layer Proteksi : 1. Desain Proses : 0. 1 (probabilitas gagal 1x dalam 10 tahun)

2. BPCS : 0,1(tidak dipengaruhi oleh BPCS)

3. Alarm : 0,1 (dipengaruhi oleh kegagalan *operator*)

4. *Additional Mitigation* terdiri dari : (HSL/2005/50)

❖ *Probability of Fatal Injury* (Ptr) = 1 (Operasi Kontinue)

❖ *Probability of Personal in Affected Area* (Pp)

$$Pp = \frac{\text{time present to Hazard}}{\text{total time}} = \frac{3,21 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0.0535$$

❖ *Probability of ignition* = 1 (potensi tidak terbentuknya *clinker*)

Perhitungan *Initial Likelihood*:

$$IEL = ICL \times PFD_1 \times PFD_2 \times \dots \times PFD_n \times Pp \times Pi \times Ptr$$

$$IEL = 0,01 \times 0.1 \times 1 \times 0,1 \times 0.0535 \times 1 \times 1$$

$$IEL = 5,35 \times 10^{-6}$$

$$\text{Rasio LOPA} = \frac{TMEL}{IEL} \text{ dengan } TMEL = 1 \times 10^{-5}$$

$$\text{Rasio LOPA} = 1 \times 10^{-5} / 5,35 \times 10^{-6} = 0,1869$$

Berdasarkan hasil LOPA diatas nilai SIL adalah SIL 0

2. Skenario *overtemperature* berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan *clinker*
Penyebab: Kegagalan sirkulasi udara, temperatur kiln 40 -50 meter naik

Initial Likelihood : 0,1 (CCPS 2001)

Layer Proteksi : 1. Desain Proses : 0.1 (probabilitas gagal 1x dalam 10 tahun)

2. BPCS : 0,1 (tidak dipengaruhi oleh BPCS)

3. Alaram : 0,1 (dipengaruhi oleh kegagalan *operator*)

4. *Additional Mitigation* terdiri dari : (HSL/2005/50)

❖ *Probability of Fatal Injury* (Ptr) = 1 (Operasi Kontinue)

❖ *Probability of Personal in Affected Area* (Pp)

$$Pp = \frac{\text{time present to Hazard}}{\text{total time}} = \frac{6,75 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0.1125$$

❖ *Probability of ignition* = 1 (potensi tidak terbentuknya *clinker*)

Perhitungan *Initial Likelihood*:

$$IEL = ICL \times PFD_1 \times PFD_2 \times \dots \times PFD_n \times Pp \times Pi \times Ptr$$

$$IEL = 0,1 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,1125 \times 1 \times 1$$

$$IEL = 1.125 \times 10^{-5}$$

$$\text{Rasio LOPA} = \frac{TMEL}{IEL} \text{ dengan } TMEL = 1 \times 10^{-5}$$

$$\text{Rasio LOPA} = 1 \times 10^{-5} / 1.125 \times 10^{-4} = 0,8$$

Berdasarkan hasil LOPA diatas nilai SIL adalah SIL 0

3. Skenario: *overtemperature* berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan *clinker*
Penyebab: kegagalan *sensor pressure*

Initial Likelihood : 0,01 (CCPS 2001)

Layer Proteksi : 1. Desain Proses : 0.1 (probabilitas gagal 1x dalam 10 tahun)

2. BPCS : 0,1(tidak dipengaruhi oleh BPCS)

3. Alaram : 0,1 (dipengaruhi oleh kegagalan *operator*)

4. *Additional Mitigation* terdiri dari : (HSL/2005/50)

❖ *Probability of Fatal Injury* (Ptr) = 1 (Operasi Kontinue)

❖ *Probability of Personal in Affected Area* (Pp)

$$Pp = \frac{\text{time present to Hazard}}{\text{total time}} = \frac{0,83 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0.0138$$

❖ *Probability of ignition* = 1 (potensi tidak terbentuknya *clinker*)

Perhitungan *Initial Likelihood*:

$$IEL = ICL \times PFD_1 \times PFD_2 \times \dots \times PFD_n \times Pp \times Pi \times Ptr$$

$$IEL = 0,01 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,1 \times 0,0138 \times 1 \times 1$$

$$IEL = 1.38 \times 10^{-7}$$

$$\text{Rasio LOPA} = \frac{TMEL}{IEL} \text{ dengan } TMEL = 1 \times 10^{-5}$$

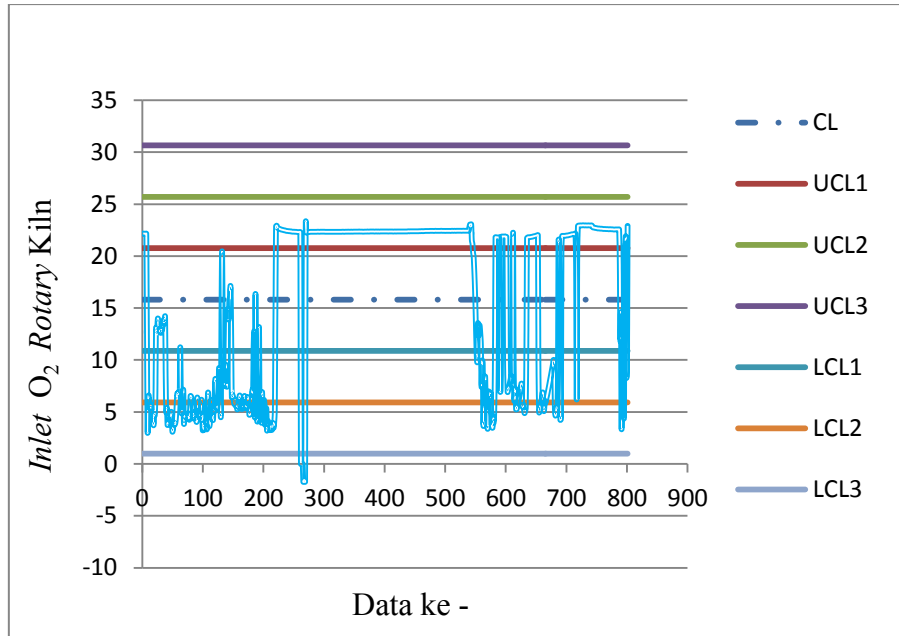
$$\text{Rasio LOPA} = 1 \times 10^{-5} / 1.38 \times 10^{-67} = 0,725$$

Berdasarkan hasil LOPA diatas nilai SIL adalah SIL 0

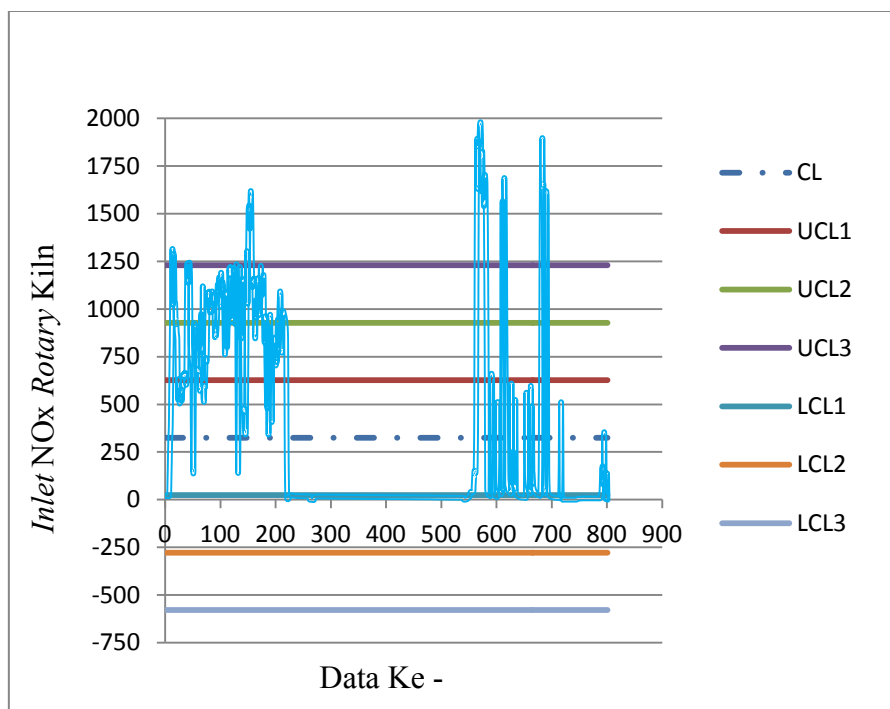
LAMPIRAN D

Control Chart

Node 1 (Zona Kalsinasi)

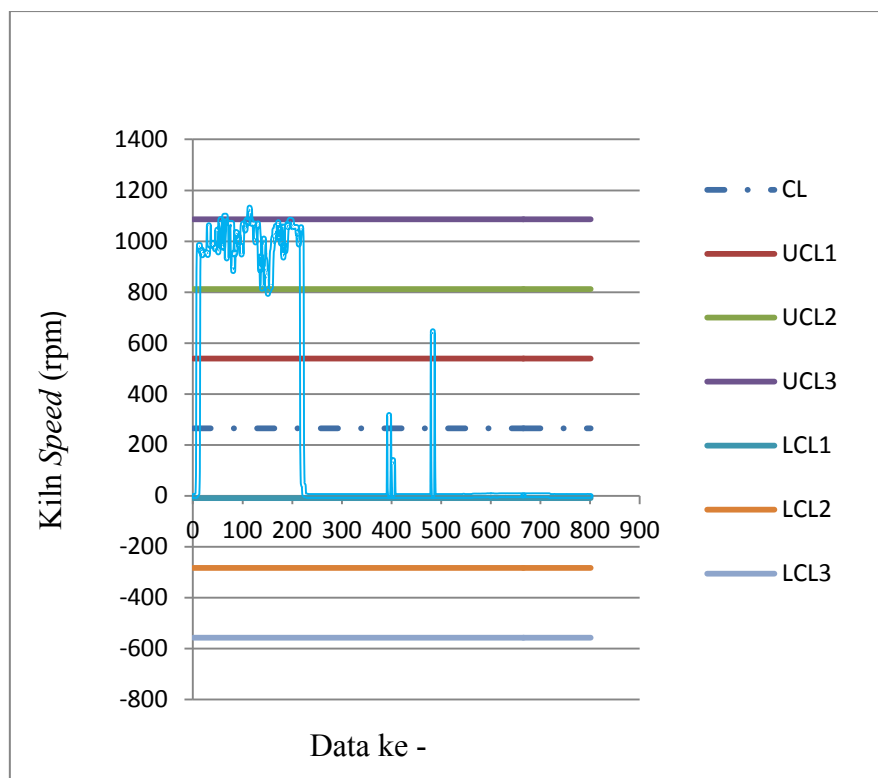


Gambar D.1 Control chart Inlet O₂ Rotary Kiln

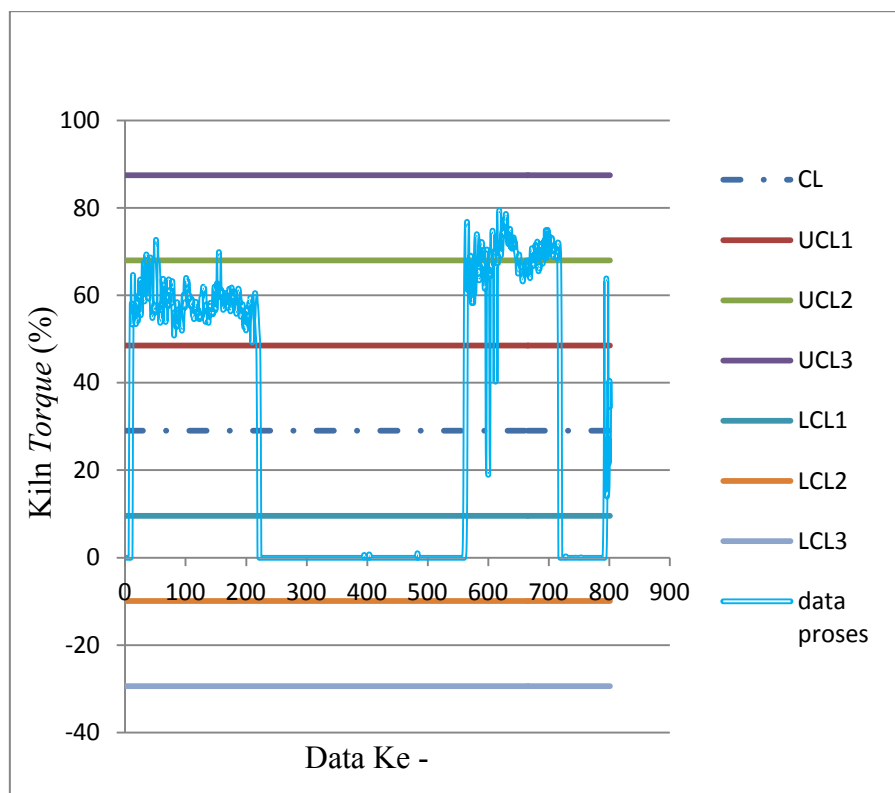


Gambar D.2 Control chart Inlet CO Rotary Kiln

Node 2 (Zona Transisi)

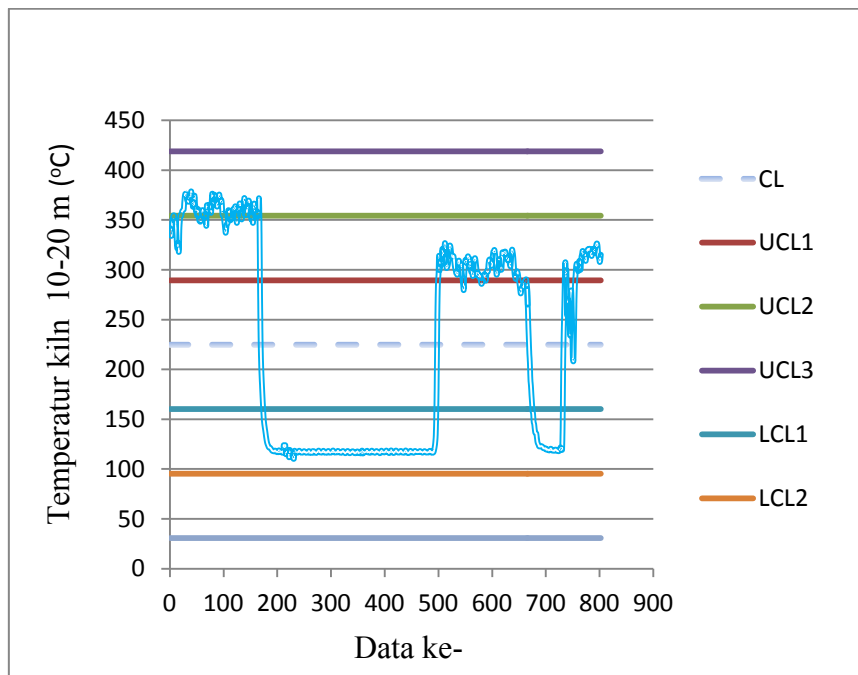


Gambar D.3 Control chart Kiln Speed

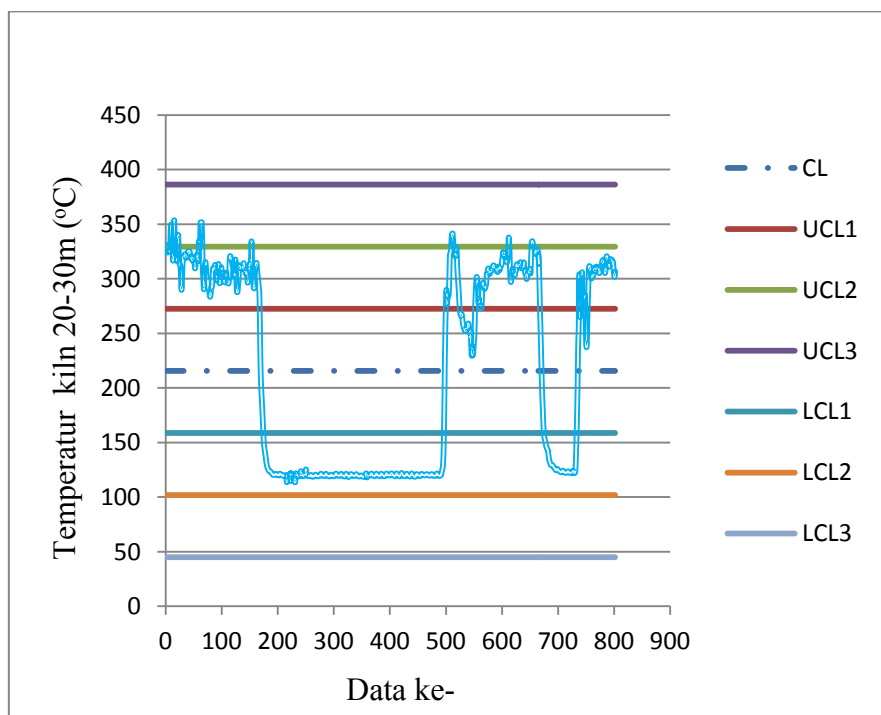


Gambar D.4 Control chart Kiln Torque

Node 3 (Zona Pembakaran)

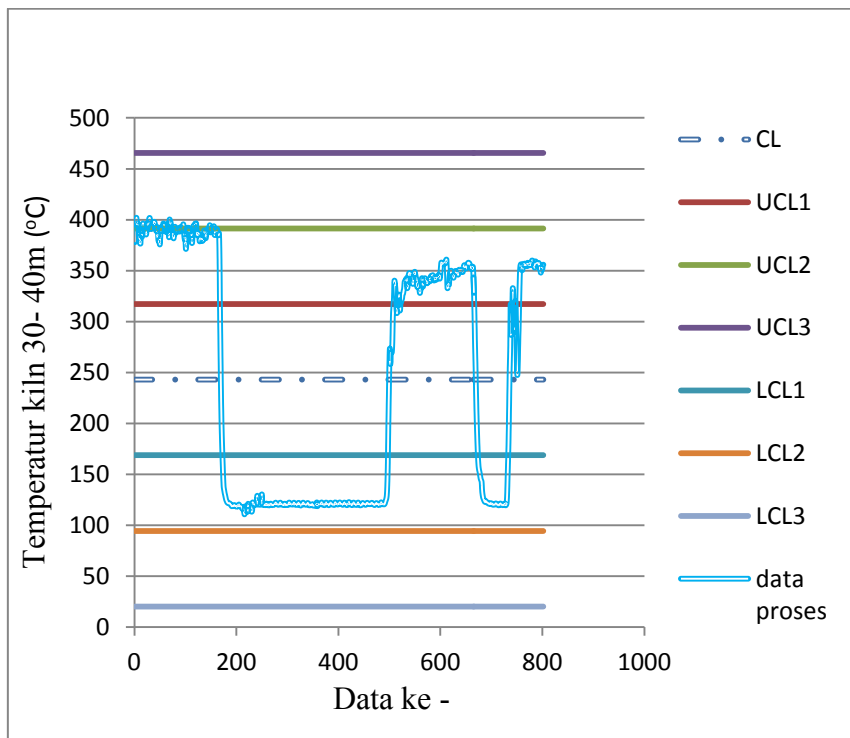


Gambar D.5 *Control chart* Temperatur Kiln 10 -20 meter

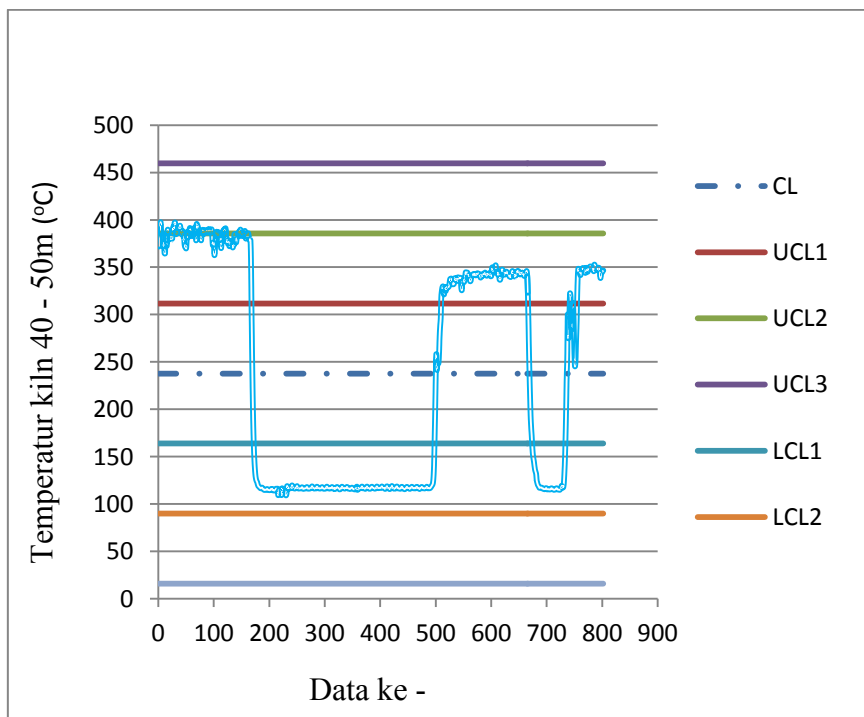


Gambar D.6 *Control chart* Temperatur Kiln 20 -30 meter

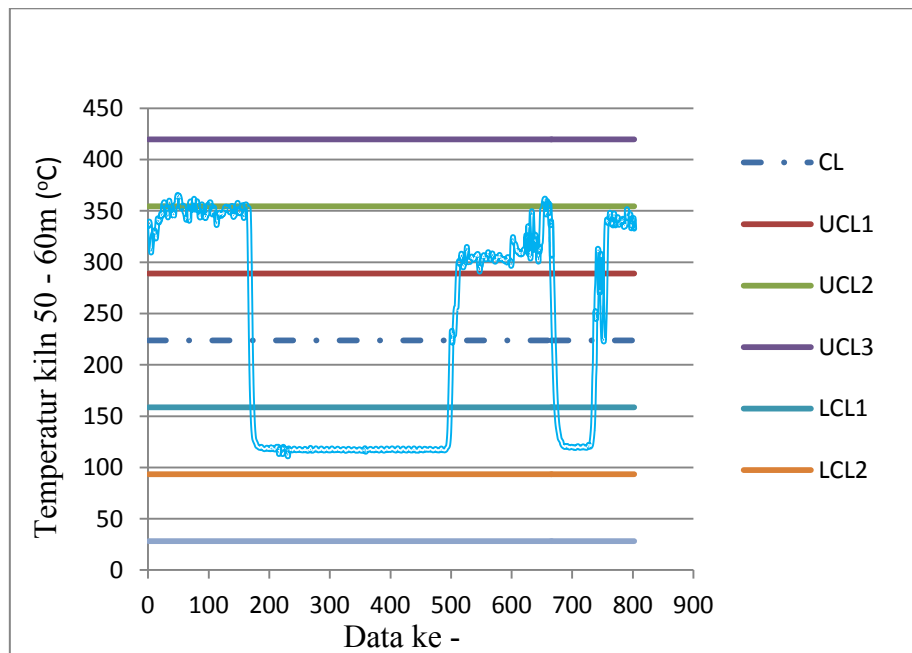
Node 4 (Zona Pendinginan)



Gambar D.7 Control chart Temperatur Kiln 30 -40 meter



Gambar D.8 Control chart Temperatur Kiln 40 -50 meter



Gambar D.9 *Control chart* Temperatur Kiln 50 -60 meter

No	Impact event discription	Impact event severity level	Initaitng couse	Initiating couse frequency	General process design	BPCS	Alarm	IPL additional mitigated	Intermediate event likelihood	SIF integrity level	Mitigated event likelihood
1	Kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai standart	3	Kebocoran pada <i>inlet gas analyser</i> O ₂	0,01	0.1	0,1	0,1	$2,05 \times 10^{-3}$	$2,05 \times 10^{-8}$	10^{-1}	$2,05 \times 10^{-9}$
2	Kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai standart	3	Kebocoran pada <i>inlet gas analyser</i> CO	0,01	0.1	0,1	0,1	$1,56 \times 10^{-3}$	$1,56 \times 10^{-8}$	10^{-1}	$1,56 \times 10^{-9}$
3	<i>rotary</i> kiln tidak berputar sehingga produk <i>clinker</i> tidak terbentuk sempurna	4	<i>Rotary feeder</i> macet	0,0001	0.1	0,1	0,1	$1,39 \times 10^{-2}$	$1,39 \times 10^{-9}$	10^{-1}	$1,39 \times 10^{-9}$
4	<i>rotary</i> kiln tidak berputar sehingga produk <i>clinker</i> tidak terbentuk sempurna	4	Motor kiln <i>drive</i> macet	0,01	0,1	0,1	0,1	$2,02 \times 10^{-3}$	$2,02 \times 10^{-6}$	10^{-1}	$2,02 \times 10^{-7}$
5	<i>Overtemperture</i> berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan <i>clinker</i>	5	Sensor temperatur gagal bekerja	0,001	0,1	0,1	0,1	$1,35 \times 10^{-2}$	$1,35 \times 10^{-10}$	10^{-1}	$1,35 \times 10^{-11}$

No	Impact event discription	Impact event severity level	Initaitng couse	Initiating couse frequency	General process design	BPCS	Alarm	IPL additional mitigated	Intermediate event likelihood	SIF integrity level	Mitigated event likelihood
6	<i>Overtemperture</i> berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan <i>clinker</i>	5	<i>Air slide fan</i> gagal, temperatur kiln 20-30 meter tinggi	0,01	0,1	0,1	0,1	$1,12 \times 10^{-2}$	$1,12 \times 10^{-7}$	10^{-1}	$1,12 \times 10^{-8}$
7	<i>Overtemperture</i> berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan <i>clinker</i>	5	<i>Big filter fan not ready</i> , temperatur kiln 30-40 meter tinggi	0,01	0,1	0,1	0,1	$5,35 \times 10^{-2}$	$5,35 \times 10^{-7}$	10^{-1}	$5,35 \times 10^{-8}$
8	<i>Overtemperture</i> berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan <i>clinker</i>	5	Kegagalan sirkulasi udara , temperatur kiln 40-50 meter naik	0,1	0,1	0,1	0,1	$1,125 \times 10^{-1}$	$1,125 \times 10^{-5}$	10^{-1}	$1,125 \times 10^{-6}$
9	<i>Overtemperture</i> berpotensi terjadinya kegagalan pembentukan <i>clinker</i>	5	Kegagalan Sensor <i>pressure</i>	0,01	0,1	0,1	0,1	$1,38 \times 10^{-2}$	$1,38 \times 10^{-7}$	10^{-1}	$1,38 \times 10^{-8}$

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, SS. dan Simonovic, SP. (2011). "A Three-Dimensional Fuzzy Methodology for Flood Risk Analysis". *Journal of Flood Risk Management*. The Chartered Institution of Water and Environmental Management. Hal. 53-74
- Akkoc, S. (2012). "An Empirical Comparison of Conventional Techniques, Neural Networks and the Three Stage Hybrid Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) Model for Credit Scoring Analysis: The Case of Turkish Credit Card Data. *European Journal of Operational Research*. Vol. (222). 168–178.
- Ardhana, dany, dkk. (2011). Perancangan Dan Implementasi Penjejak Matahari Pada Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Berbasis Mikrokontroler, Surabaya: Teknik Elektro.
- Ariani, Diah Nova.(2009).”Proses pembuatan semen di PT Holcim”. Depok:FKM-UI
- Center Chemical Process Safety.(2001). *Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment, Second Edition*. American Institut Of Chemical Engineering, New York.
- Dowell, Arthur M.(1998). *Layer of Protection Analysis for Determining Safety Integrity Level. ISA Transactions*, 37, 155-165. United State of America: Elsevier Science Ltd.
- Frederickson, Anton A. (2002). "The Layer of Protection Nalysis (LOPA) Method".
- Golbe, W.M and Cheddie, H. (2005). *Safety Instrumented Systems Verification; Practical Probabilistic Calculation*. USA.
- Hermanto,Bambang, dkk.(2014). Sistem Monitoring Suhu Pada Rotary Kiln Menggunakan Wireless Xbee. Proseding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng &DIY.

- IEC 61508 (1998). *Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems, parts 1-7*. Geneva: International Electrotechnical Commission.
- IEC 61511 (2003). *Functional safety – safety instrumented systems for the process industry*. Geneva: International Electrotechnical Commission.
- Johnson, Robert W. (2010). “Beyond-Compliance Uses HAZOP/LOPA Studies”. *Journal of Loss Prevention in The Process Industries* 23:30-34.
- Kenneth, First. (2010), “Scenario identification and evaluation for layers of protection analysis”. *Journal of Loss Prevention in The Process Industries* 23, hal. 705-718
- Khaleghi, Sohrab. Givvehchi, Saeed. dan Karimi, Saeed. (2013). “Fuzzy Risk Assessment and Categorization, based on Event Tree Analysis (ETA) and Layer of Protection Analysis (LOPA): Case Study in cement industry”. *World Applied Programming Journal*. Vol (3) Issue (9). Hal 417-426.
- Khalil, M., Abdou M.A., Mansour, M.S., Farag, H.A., dan Ossman, M.E. (2011), “A cascaded fuzzy-LOPA risk assessment model applied in cement industry”. *Journal of Loss Prevention in The Process Industries* 25, hal. 877-882.
- Kotek, L., Tabas, M. (2012), “HAZOP Study with Qualitative Risk Analysis for Prioritization of Corrective and Preventive Actions”, *Procedia Engineering*, ELSEVIER, Vol. 42, hal. 808-815
- Lassen, C. A. (2008). *Layer of Protection Analysis (LOPA) for Determination of Safety Integrity Level (SIL)*. Master Project. Departement of Production and Quality Engineering. The Norwegian University of science of Technology. Snarøya.
- Macfradisfe, D.A. (2007). *Safety Instrument System in process safety for increased safety integrity level*. Departement of chemical engineering. Illinois university. California

- Meeker, W.Q., Escobar, L.A. (1998), *Statistical Methods for Reliability Data*, John Wiley& Sons, Inc. USA
- Montgomery, Douglas (2009), *Introduction to Statistical Quality Control*, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Rouzbahman, Azadeh. (2004). “Risk Assesment for mining industry with ANFIS Layer of Protection Analysis”. California. California Uiniversity
- Semen Indonesia. (2015), *Annual Report 2014*, PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk.
- Setiyana , Budi.(2007). “Analisa unjuk kerja grate clinker cooler pada proses produksi semen”.Jakarta
- Septiana, Dewi.(2009). “Identifikasi risiko potensial dengan metode Hazop Departemen Kiln di PT Semen Gresik(Persero), Tbk”.. Surabaya: K3 PPNS-ITS.
- Sellers F.Kimberly.(2011).”A generalized statistic Control Chart for Over- or Under – Despered Data.Washington DC. Georgetown University.
- Standards Australia. (1999). *Guidelines for Managing Risk in The Australian and New Zealand Public Sector*. Standards Australia. Homebush.

BIODATA PENULIS



Henry Prasetyo lahir di Nganjuk, 12 Desember 1989, adalah anak kedua dari dua bersaudara pasangan dari Bapak Warsito dan Ibu Lilik Harmintarti. Penulis menempuh pendidikan di TK Aisyah 1 Nganjuk, SDN Bogo 1 Nganjuk, SMP Negeri 5 Nganjuk dan SMAN 2 Nganjuk. Penulis masuk di Jurusan Fisika ITS pada tahun 2009 dan S2 Jurusan Teknik Fisika ITS 2013 semester genap. Bidang minat yang ditekuni oleh penulis selama kuliah adalah bidang Instrumentasi dan Fotonika Serta proses safety. Semasa SMA penulis aktif dalam beberapa organisasi ekstrakurikuler seperti English Club dan Kelompok Ilmiah Remaja. Ketika kuliah Penulis juga aktif dalam mengikuti berbagai pelatihan dan seminar baik di dalam kampus maupun diluar kampus. Adapun pelatihan yang

pernah diikuti penulis antar lain: pelatihan tingkat dasar PLC Mitshubishi Q-series, ground training game development, mobile programing training dan SPSS programing training. Penulis yang hobi berbisnis ini, sempat aktif sebagai anggota pers mahasiswa. Penulis juga sempat jadi Asistan laboratorium Fisika Dasar 1 dan Asisten Dosen Fisika Rekayasa 1. Apabila ingin berdiskusi lebih jauh terkait Thesis dapat menghubungi penulis melalui : cing2spasi@gmail.com

